

## Технология прогрева бетона

При осуществлении ремонтных или строительных работ в условиях низких температур для ускорения отверждения бетонного раствора используется метод прогрева. Он может осуществляться с помощью самого различного оборудования: греющие щиты, маты или электроды, выполненные из арматурной стали, для перекрытий, а также специальные электроды для прогрева стен.

При использовании данной методики важно учитывать, что прочность бетона в результате прогрева не превысит 50% от  $R_{з.д}$ , так как при высыхании бетона электрический ток, а вместе с ним и прогрев прекращаются. С экономической точки зрения применение электропрогрева оправдано практически в любых условиях, несмотря на достаточно высокую стоимость греющих щитов и повышение расхода арматурной стали.

При расчете сроков твердения основное значение имеет марка бетона. Это характеристика, определяющая прочность раствора на сжатие и измеряющаяся в кг/см. Значения прочности, заявленной маркой, бетон достигает за 28 дней в нормальных условиях. Если повысить температуру бетона, этот срок значительно сокращается. В случае, если бетонный раствор замерзает, процесс твердения останавливается, возобновляясь после оттаивания. Если до момента критического понижения температуры бетонный раствор не успевает набрать 70% прочности, его соответствие марке оказывается утраченным.

При проведении строительных или ремонтных работ в чаще всего используется контактный способ электропрогрева бетона. В этом случае тепло передается бетонному раствору с поверхности проводов, нагреваемых в момент передачи электрического тока до 80С. Применение такого метода возможно благодаря хорошей теплопроводности бетона, но для достижения эффективного результата греющие провода должны быть размещены в теле бетона. Оптимально для прогрева бетона и достижения им требуемых показателей мощности использовать кабели со стальной жилой, допускающие нагрузку от 80 Вт на 1 м. Затраты электроэнергии на обогрев зависят от соотношения объема прогреваемого бетона и площади излучающей тепло поверхности. Кроме этого, значение имеет температура окружающей среды, скорость разогрева бетона и уровень защиты всей конструкции от охлаждения.

Для контактного прогрева бетона необходимо низкое напряжение при высокой силе тока. Для выполнения этого условия лучше использовать специальные подстанции, такие как КТПТО-80 или ТМОБ-63. Важно учитывать, что установочная мощность такого оборудования во многом определяется напряжением во время прогрева.

Количество подстанций, необходимых на объекте проведения работ, определяется суточной нормой для объемов укладки бетона, а также мощностью, необходимой для его прогрева. Кроме этого, оборудование для прогрева бетона должно быть установлено на каждой захватке.

Время, необходимое для прогрева бетона до достижения им заявленной прочности, определяется на основе результатов регулярных замеров температуры раствора и силы тока в греющих элементах. Подготовка к процедуре начинается после того, как будут уложены арматура и закладные детали, а также проведена электросварка арматуры. После этого монтируются готовые греющие элементы. При этом важно избежать натяжения обогревающих проводов на каркасы арматуры, лучше всего прокладывать их между ними.

В случае, если в конструкции арматура не применяется, используются готовые инвентарные шаблоны. Провода после монтажа должны быть окружены бетонным раствором так, чтобы они не касались опалубки или деревянных деталей конструкции.

Проведение подключения греющих элементов возможно только после проверки мегомметром. Нагрузка фаз низкой стороны подстанции должна быть равномерной, а выводы обогревательных проводов должны иметь увеличенное в 2-3 раза сечение. Если последнее условие выполнить не представляется возможным, рекомендуется подключение отрезков алюминиевых проводов с изоляцией места присоединения к пластмассовой трубке.

Процесс прогрева бетонного раствора должен запускаться не раньше, чем будет полностью завершена укладка бетона, а все греющие элементы будут размещены с выполнением требований техники безопасности. В прогреваемых конструкциях должны быть сделаны отверстия для замера температуры. Пусковая сила тока в греющих элементах должна замеряться в момент включения и далее один раз в час в течение первых трех часов прогрева. При нормальных показателях далее температура замеряется 1 раз в смену.

### **Трансформатор для прогрева бетона ТСДЗ-63/0,38 УЗ. Описание.**

Трансформатор для прогрева бетона ТСДЗ-63/0,38 УЗ - предназначен для прогрева бетона или мерзлого грунта. Трехфазный трансформатор ТСДЗ-63/0,38 УЗ - это долговечное и удобное в использовании оборудование. Трансформаторы ТСДЗ-63/0,38 УЗ имеют принудительное воздушное охлаждение.

Трансформатор для прогрева бетона ТСДЗ-63/0,38 УЗ - это передвижная установка, в однокорпусном исполнении, которая имеет естественную вентиляцию. Это позволяет преобразовать электрическую энергию сети в электрическую энергию, необходимую для термообработки бетона.

Трансформаторы для прогрева бетона ТСДЗ-63/0,38 УЗ состоят из активной части, автоматического выключателя, есть у них также блок управления и кожух.

### **Область применения трансформатора для прогрева бетона ТСДЗ- 63/0,38 УЗ**

Трансформаторы для прогрева бетона ТСДЗ-63/0,38 УЗ могут применяться на открытых площадках при температуре от -45оС до +20оС. Относительная влажность воздуха должна составлять не более 80% при +20С. Оборудование будет эффективно функционировать , если оно применяется на площадках, находящихся на высоте над уровнем моря- не более 1000м.

Трансформатор ТСДЗ-63/0,38 УЗ не должен быть использован в условиях вибраций , тряски , ударов, во взрывоопасной и химически активной среде

## Технические характеристики трансформатора для прогрева бетона ТСДЗ-63/0,38 УЗ.

Напряжение питания сети, В	380
Количество фаз	3
Частота, Гц	50
Номинальная мощность, кВА	63
Ступени напряжения на холостом ходу на стороне НН, В	50;65;80;100
Ток на стороне НН при напряжении 50/55 В, не более, А	450
Ток на стороне НН при напряжении 65 В, не более, А	350
Ток на стороне НН при напряжении 80/85 В, не более, А	300
Ток на стороне НН при напряжении 100 В, не более, А	250
Габаритные размеры трансформатора, мм	1000x650x840
Масса сварочного трансформатора, кг	300

### Использование нагревательных проводов для прогрева бетона

В основе контактного способа электрообогрева используется передача тепла от заложённых в раствор проводов к бетону. Для прогрева бетона необходимо пустить через провода большое количество тока. Тепло распространяется очень быстро, особенно если использовать проводки диаметром до трех миллиметров. Потребность энергии для **прогрева бетона** необходимо рассчитывать, зависимо от характеристик конструкции. Количество нагревательных элементов зависит от общего объема постройки. В процессе нагрева бетона нужно регулировать силу тока, постоянно изменяя ее в соответствии с температурными показателями. Все полученные данные нужно заносить в специальный журнал, после чего необходимо составить график изменений.



### Электропрогрев бетона с помощью греющего провода

Контактный способ электропрогрева бетона основан на передаче тепла бетону от поверхности заложённых в бетон греющих проводов, нагреваемых сильным током до темп. 80°C. Тепло распространяется, т.к. бетон имеет хорошую теплопроводность. Наибольшая эффективность достигается при использовании проводов со стальной жилой 1,2 – 3,0 мм. Они допускают прогонную нагрузку на 1м от 80 до 160 ватт, в зависимости от электрического сопротивления и диаметра жилы. Этот способ позволяет обогреть бетон до требуемой прочности. Греющие провода должны размещаться в теле бетона, иначе они сгорят! В качестве нагревательных проводов применяют специальные провода для бетона марки ПНСВ со стальной оцинкованной жилой диаметром от 1,2 до 3,0 мм в поливинилхлоридной изоляции.

Электропитание нагревательных проводов осуществляют через понижающие трансформаторные подстанции типа СПБ-80, КТПТО-80/86, которые имеют несколько ступеней пониженного напряжения, что позволяет регулировать тепловую мощность, выделяемую нагревательными проводами при изменении температуры наружного

воздуха. Одной подстанцией можно обогреть 20-30 м<sup>3</sup> бетона.

Нагревательными проводами можно обогревать любые монолитные конструкции при температуре наружного воздуха до -30°С. В среднем для обогрева 1 м<sup>3</sup> монолитного бетона требуется 60 м нагревательного провода марки ПНСВ-1,2.

Прогрев бетона необходимо выполнять при низком напряжении и высокой силе тока в греющих элементах. Для этого рекомендуем использовать специальные подстанции для прогрева бетона марок ТСДЗ, СПБ или КТПТО. Установочная мощность в подстанциях зависит от напряжения при обогреве бетона.

Количество греющих элементов, которые необходимо заложить в конструкцию, зависит от объема прогреваемого бетона и требуемой для этого электрической мощности. Для каждой конструкции необходимо выдавать технологическую карту. Продолжительность прогрева и выдерживание бетона с учетом фактического времени его остывания можно определить в результате регулярных замеров его температуры и силы тока в греющих элементах, заносимых в журнал производства бетонных работ и графику твердения бетона. Необходимы регулярные лабораторные наблюдения!

### **Станции для прогрева бетона СПБ – 40, 63, 80, 100.**

Станции для прогрева бетона типа СПБ - СПБ-40/63/80/100 мощностью 40/63/80/100 кВт соответственно, предназначены для электропрогрева и других способов электротермообработки бетона и мерзлого грунта в зимнее время в условиях строительных площадок.

Станция представляет собой установку в однокорпусном защищенном исполнении с естественным воздушным охлаждением, сухая. Станция СПБ рассчитана на длительную непрерывную работу, обеспечивающую преобразование электроэнергии сети в электроэнергию, необходимую для термообработки бетона и мерзлого грунта, при температуре окружающего воздуха от + 10° до - 40° С.

Нормальная работа станции СПБ обеспечивается при:

- а) температура окружающего воздуха при работе под нагрузкой от + 20°С до - 45°С.
- б) высоте над уровнем моря - не более 1000м.

Станция СПБ не предназначена для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, во взрывоопасной и химической активной среде.

Режим работы - продолжительный.

Станции питаются от трех фазной сети напряжением 380 В с глухозаземленной нейтралью, рассчитаны на длительную непрерывную работу.

Каждая станция прогрева бетона СПБ имеет в своем составе:

- Входной автоматический выключатель и индикатор наличия сетевого напряжения.

- Токовые трансформаторы и амперметры для контроля выходного тока.
- Переключатели врубные для коммутации выходного напряжения.
- Салазки, проушины в салазках и рамы для транспортировки.
- Кнопку и конечные выключатели для аварийного отключения подстанции
- Наконечники сетевого кабеля и проводов нагрузки (для СПБ-80 и СПБ-100)
- Паспорт.

### **Провод нагревательный ПНСВ.**

---

Провода предназначены для обогрева при фиксированном монтаже объектов нефтяной и газовой промышленности, монолитного бетона и железобетона, а также для напольных нагревателей при напряжении до 380 В переменного тока номинальной частотой 50 Гц или постоянного тока до 1000 В. Провод ПНСВ используется для ускорения прогрева бетона монолитных конструкций и железобетона, а также для напольных нагревателей в зимнее время года.

1. Жила - стальная, однопроволочная, круглой формы.
2. Изоляция - ПВХ пластикат или полиэтилен.

Провод ПНСВ для прогрева бетона применяется при затвердевании бетона, происходящее при низких температурах. При температуре ниже 5°C (бетон) возникает необходимость прогревать бетон. В данный момент, когда приобретение надежных и недорогих химических добавок (ускорителей) затруднено, технология зимнего бетонирования основывается на использовании технологий прогрева бетона и его следующего выдерживания до достижения критической и распалубочной прочности по соответствующим нормам.

Такая процедура является, по сути, ресурсосберегающей, так как посредством дополнительных энергозатрат, существуют возможности для сокращения времени строительства; эффективного применения ресурсов труда и оборудования. Помимо этого можно вообще исключить такое явление, как замерзание бетона в раннем возрасте и есть возможность гарантировать высокое качество, требуемое для возведения конструкции.

Прогрев бетона осуществляется специализированным греющим проводом, который укладывается в саму конструкцию ещё до начала её бетонирования.

Температурный режим эксплуатации провода ПНСВ должен соблюдаться (от -60°C до +50°C), при этом t прокладки и монтажа должна составлять от -25°C до +50°C.



Максимально допустимая температура использования +80°C.

Номинальное значение электрического сопротивления токопроводящих жил провода ПНСВ постоянному току, (на 1 м длины) и t 20°C (справочное):

Диаметр жилы [мм]	1,2	2,0	3,0
Ом./м.	0,15	0,025	0,005

Электросопротивление изоляции провода, (на 1 000 м длины), измеренное при температуре 20°C - не менее 1 МОм.

Провод ПНСВ и необходимые характеристики для эксплуатации:

Диаметр жилы [мм]	1,2	2,0	3,0
Наружный диаметр провода, [мм]	2,7	3,6	5,4
Масса, [кг/км]	18,5	43,0	80,5

### Сведения о методе прогрева бетона греющим проводом.

#### ВНИМАНИЕ!

«Представленная информация не может служить руководящим документом или предлагаемым составителем Паспорта руководством по практическому применению метода.

Не располагая утвержденными в законном порядке нормативными материалами, составитель считает необходимым изложить полученные из Интернета отдельные сведения и рекомендации, относящиеся к этому методу прогрева бетона. В Интернете имеются адреса организаций, которые предоставляют консультации в конкретном случае применения метода.»

В подлежащей заливке бетоном конструкции располагают и закрепляют набор стальных изолированных проводов одинаковой длины. Провода делят на три равные группы, провода каждой группы соединяют между собой параллельно. Полученные три набора проводов соединяют концами в три узла и подключают к трем выходным зажимам станции. В электротехнике такое соединение называют «треугольником». Каждый провод треугольника, называемый «нитка», находится под линейным напряжением станции. При соединении нагрузки «звездой» в конструкции устанавливают набор «троек» - трех отрезков провода равной длины, соединенных предварительно одним концом в узел. Свободные концы всех «троек» соединяют в три узла и подключают к выходным зажимам станции.

Каждый провод любой «тройки» находится под фазным напряжением станции, которое

меньше линейного в 1,73 раза.

Для электропрогрева бетона используют провод со стальной жилой в изоляционной оболочке марки ПНСВ. Наиболее часто применяют провод О 1,2 мм, иногда провод О 1,4 мм и более.

Приведенные ниже рекомендации даны для провода ПНСВ О 1,2 мм.

Рабочий ток для погруженного в бетон провода такого диаметра составляет приблизительно 15А; вне бетона, на воздухе, такое значение тока недопустимо велико. Поэтому выводы от «ниток» и «троек» оснащают проводами большего сечения, т. н. «холодными концами».

Обычно «холодные концы» выполняют проводом АПВ-4, их длина составляет 0,5...1,0 метр. Соединение нагревающих проводов с «холодными концами» и между собой (общая точка «тройки») производят скруткой, провода под скрутку зачищают на 80...100 мм.

Скрутку изолируют х/б лентой, более стойкой, чем полимерная.

Для изготовления «ниток» провод нарезают кусками длиной по 28 метров и свивают в спираль О 30...40 мм. Намотку провода ПНСВ в спирали производят до оснащения его «холодными концами» на специальном станке, в качестве привода может быть использована электродрель. Нагревательные спирали удобны при хранении и монтаже. Для изготовления «троек» провод нарезают кусками по 17 метров, свивают, зачищают один конец трех спиралей, скручивают и изолируют скрутку.

Сопротивление одной «нитки» при комнатной температуре приблизительно 4 Ом, сопротивление отрезка «тройки» в 1,73 раза меньше.

Расчетное количество «ниток» и «троек» для станций мощностью 100 кВт и 80 кВт приведено в таблице:

Тип станции	Число «ниток» («треугольник»)	Число «троек» («звезда»)
СПБ-80	51 (3 группы по 17 шт.)	30
СПБ-100	63 (3 группы по 21 шт.)	37

Спирали нагревающих проводов крепятся одним концом и растягиваются равномерно вдоль арматуры. Длина растянутой «нитки» составляет от 8 до 25 метров, «тройки» - от 5 до 15 метров. Провода не должны накладываться друг на друга и сближаться менее чем на 100 мм.

Тепловыделение одного погонного метра провода приблизительно 35Вт.

Для прогрева 1 м<sup>3</sup> бетона в зимнее время требуется мощность 1,5...2,5 кВт, цикл термосного выдерживания конструкции от 2 до 3 суток.

Потребность в электроэнергии для обогрева определяется расчетами в зависимости от вида конструкций, которые характеризуются величиной, равной отношению площади охлаждения к объему бетона. Как правило, на нее влияют температура окружающей среды, степень защиты конструкций от охлаждения, скорость разогрева бетона в течение одного часа.

При расчетах необходимо учитывать следующие показатели:

- 1 квт/час выделяет 860 ккал тепла;
- удельная теплоемкость бетона 620 ккал/м<sup>3</sup>хС?, что при этом температура 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона поднимается на 1°С;
- при твердении 1 м<sup>3</sup> бетона выделяет в среднем 500 ккал/час.

Ниже приведены выдержки из СН и П «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Раздел 7. Бетонные работы». 01.01.2003 г.:

7.3.15. При электропрогреве бетона монтаж и присоединение электрооборудования к питающей сети должны выполнять только электромонтеры, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

7.3.16. В зоне электропрогрева необходимо применять изолированные гибкие кабели или провода в защитном шланге. Не допускается прокладывать провода непосредственно по грунту или по слою опилок, а также провода с нарушенной изоляцией.

7.3.17. Зона электропрогрева бетона должна находиться под круглосуточным наблюдением электромонтеров, выполняющих монтаж электросети. Пребывание работников и выполнение работ на этих участках не допускается за исключением работ, выполняемых по наряду-допуску в соответствии с межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок.

7.3.18. Открытая (не забетонированная) арматура железобетонных конструкций, связанная с участком, находящимся под электроподогревом, подлежит заземлению (занулению).

7.3.19. После каждого перемещения электрооборудования, применяемого при прогреве бетона, на новое место следует измерить сопротивление изоляции мегаомметром.

Электропрогрев бетона с помощью греющего провода

Контактный способ электропрогрева бетона основан на передаче тепла бетону от поверхности заложенных в бетон греющих проводов, нагреваемых сильным током до темп. 80°С. Тепло распространяется, т.к. бетон имеет хорошую теплопроводность. Наибольшая эффективность достигается при использовании проводов со стальной жилой 1,2 – 3,0 мм. Они допускают прогонную нагрузку на 1м от 80 до 160 ватт, в зависимости от электрического сопротивления и диаметра жилы. Этот способ позволяет обогреть бетон до требуемой прочности. Греющие провода должны размещаться в теле бетона, иначе они сгорят! В качестве нагревательных проводов применяют специальные провода для бетона марки ПНСВ со стальной оцинкованной жилой диаметром от 1,2 до 3,0 мм в поливинилхлоридной изоляции.

Электропитание нагревательных проводов осуществляют через понижающие трансформаторные подстанции типа СПБ-80, КТПТО-80/86, которые имеют несколько ступеней пониженного напряжения, что позволяет регулировать тепловую мощность, выделяемую нагревательными проводами при изменении температуры наружного воздуха. Одной подстанцией можно обогреть 20-30 м<sup>3</sup> бетона.

Нагревательными проводами можно обогревать любые монолитные конструкции при температуре наружного воздуха до -30°С. В среднем для обогрева 1м<sup>3</sup> монолитного бетона требуется 60 м нагревательного провода марки ПНСВ-1,2.

Прогрев бетона необходимо выполнять при низком напряжении и высокой силе тока в греющих элементах. Для этого рекомендуем использовать специальные подстанции для



прогрева бетона марок ТСДЗ, СПБ или КТПТО. Установочная мощность в подстанциях зависит от напряжения при обогреве бетона.

Количество греющих элементов, которые необходимо заложить в конструкцию, зависит от объема прогреваемого бетона и требуемой для этого электрической мощности. Для каждой конструкции необходимо выдавать технологическую карту. Продолжительность прогрева и выдерживание бетона с учетом фактического времени его остывания можно определить в результате регулярных замеров его температуры и силы тока в греющих элементах, заносимых в журнал производства бетонных работ и графику твердения бетона. Необходимы регулярные лабораторные наблюдения!

### **Станции для прогрева бетона СПБ – 40, 63, 80, 100.**

Станции для прогрева бетона типа СПБ - СПБ-40/63/80/100 мощностью 40/63/80/100 кВт соответственно, предназначены для электропрогрева и других способов электротермообработки бетона и мерзлого грунта в зимнее время в условиях строительных площадок.

Станция представляет собой установку в однокорпусном защищенном исполнении с естественным воздушным охлаждением, сухая. Станция СПБ рассчитана на длительную непрерывную работу, обеспечивающую преобразование электроэнергии сети в электроэнергию, необходимую для термообработки бетона и мерзлого грунта, при температуре окружающего воздуха от + 10° до - 40° С.

Нормальная работа станции СПБ обеспечивается при:

- а) температура окружающего воздуха при работе под нагрузкой от + 20°С до - 45°С.
- б) высоте над уровнем моря - не более 1000м.

Станция СПБ не предназначена для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, во взрывоопасной и химической активной среде.

Режим работы - продолжительный.

Станции питаются от трех фазной сети напряжением 380 В с глухозаземленной нейтралью, рассчитаны на длительную непрерывную работу.

Каждая станция прогрева бетона СПБ имеет в своем составе:

- Входной автоматический выключатель и индикатор наличия сетевого напряжения.
- Токовые трансформаторы и амперметры для контроля выходного тока.
- Переключатели врубные для коммутации выходного напряжения.
- Салазки, проушины в салазках и рамы для транспортировки.
- Кнопку и конечные выключатели для аварийного отключения подстанции

- Наконечники сетевого кабеля и проводов нагрузки (для СПБ-80 и СПБ-100)
- Паспорт.

### Провод нагревательный ПНСВ.

Провода предназначены для обогрева при фиксированном монтаже объектов нефтяной и газовой промышленности, монолитного бетона и железобетона, а также для напольных нагревателей при напряжении до 380 В переменного тока номинальной частотой 50 Гц или постоянного тока до 1000 В. Провод ПНСВ используется для ускорения прогрева бетона монолитных конструкций и железобетона, а также для напольных нагревателей в зимнее время года.

1. Жила - стальная, однопроволочная, круглой формы.
2. Изоляция - ПВХ пластикат или полиэтилен.

Провод ПНСВ для прогрева бетона применяется при затвердевании бетона, происходящее при низких температурах. При температуре ниже 5°C (бетон) возникает необходимость прогревать бетон. В данный момент, когда приобретение надежных и недорогих химических добавок (ускорителей) затруднено, технология зимнего бетонирования основывается на использовании технологий прогрева бетона и его следующего выдерживания до достижения критической и распалубочной прочности по соответствующим нормам.

Такая процедура является, по сути, ресурсосберегающей, так как посредством дополнительных энергозатрат, существуют возможности для сокращения времени строительства; эффективного применения ресурсов труда и оборудования. Помимо этого можно вообще исключить такое явление, как замерзание бетона в раннем возрасте и есть возможность гарантировать высокое качество, требуемое для возведения конструкции.

Прогрев бетона осуществляется специализированным греющим проводом, который укладывается в саму конструкцию ещё до начала её бетонирования.

Температурный режим эксплуатации провода ПНСВ должен соблюдаться (от -60°C до +50°C), при этом t прокладки и монтажа должна составлять от -25°C до +50°C. Максимально допустимая температура использования +80°C.

Номинальное значение электрического сопротивления токопроводящих жил провода ПНСВ постоянному току, (на 1 м длины) и t 20°C (справочное):

Диаметр жилы [мм]	1,2	2,0	3,0
Ом./м.	0,15	0,025	0,005

Электросопротивление изоляции провода, (на 1 000 м длины), измеренное при температуре 20°C - не менее 1 МОм.

Провод ПНСВ и необходимые характеристики для эксплуатации:

Диаметр жилы [мм]	1,2	2,0	3,0
Наружный диаметр провода, [мм]	2,7	3,6	5,4
Масса, [кг/км]	18,5	43,0	80,5

### **Способ прогрева бетона проводом ПНСВ.**

Контактный способ электрообогрева бетона с помощью греющего провода ПНСВ имеет в основе передачу тепла составу от поверхности греющих проводов, которые закладываются в бетон, они нагреваются током до  $t + 80^{\circ}\text{C}$ . Тепло распространяется, т.к. теплопроводность бетона находится на высоком уровне.

Наибольшая эффективность достигается тогда, когда применяются провода ПНСВ с жилой из стали 1,2-3,0 мм. Такие провода позволяют увеличить прогонную нагрузку на 1 м от 80 до + 160 Вт, показатели зависят от электрического сопротивления и диаметра самой жилы греющего провода.

Такой способ даёт возможности для обогрева бетона до уровня требуемой прочности. Греющие провода ПНСВ обязательно должны быть размещены в теле бетона, иначе они сгорят! Посредством применения расчетов определяется потребность в электрической энергии в зависимости от таких особенностей, как тип конструкций, определенный показателями Мп (это показатель, характеризующий отношение S охлаждения к V бетона).

Обогрев бетона необходимо производить при невысоком напряжении и высокой силе тока в нагреваемых элементах. Для проведения данной процедуры рекомендуется применять специальные подстанции: КТПТО-80 или ТМОБ-63.

Установочная мощность зависит от напряжения. В зависимости от суточных объемов укладки бетона, которые планируются заранее и требуемой для прогрева мощности, важно установить число требуемых подстанций. На каждой захватке требуется осуществить создание поста для обогрева бетона.

Длина и показатели греющих элементов зависят от диаметра стальной жилы и электрического сопротивления провода ПНСВ в Ом, силы тока (в амперах) при включении в подстанциях нижнего напряжения (49 В или 55 В). Число элементов, которые требуется заложить в конструкцию, определяется объемом бетона и необходимой для этого электрической мощности.

Для каждой конструкции необходимо создавать технологическую карту.

Продолжительность прогрева с помощью провода ПНСВ и выдерживание бетона с учетом времени, за которое он остывает, определяется в результате замеров его температуры и силы тока в греющих элементах, которые постоянно проводятся и заносятся в журнал производства бетонных работ и твердения бетона. Для эффективного проведения работ необходимыми являются лабораторные наблюдения, проводимые регулярно!

Готовые греющие элементы монтируют уже после этапа укладки арматуры, деталей закладных и завершения электросварки стальной арматуры. Греющие элементы провода ПНСВ навиваются без натяжения на каркасы из арматуры или прокладывают между этими каркасами по мере их размещения, а если арматура в конструкции не используется, следует использовать инвентарные шаблоны. Нагревательные элементы при этом не должны соприкасаться с опалубкой и выступать из бетона.

Опасно их соприкосновение и с деревянными деталями. Выводы нагревательных элементов из бетона увеличиваются в сечении провода в 2-3 раза с помощью кусков изолированных в месте подсоединения к пластмассовой трубке проводов из алюминия! Подключение выводов производить следует только после проверки их специальным оборудованием: мегомметром. Необходимо загрузку фаз распределить равномерно с низкой стороны подстанции.

Электрообогрев можно начинать только после полного завершения всех подготовительных работ и выполнения всех без исключения указаний техники безопасности! Во всех конструкциях необходимо соорудить скважины для измерения температур!

С помощью токоизмерительных клещей следует измерить пусковую силу тока в нагревательных элементах. Если показания превышают номинально допустимые, необходимо снизить напряжение сети. Измерение  $t$  и силы тока производить через каждый час в первые 3 часа работы и 1 раз в смену после 3-х часов. Все показания следует заносить в журнал бетонных работ.

Если есть возможность, конструкции следует укрепить. Длительность обогрева обеспечивает набор прочности бетона не менее 50% от марки бетона, который был уложен. Определяется это испытанием контрольных образцов или с помощью других методов.

### **Указания по технике безопасности при обогреве бетона проводом ПНСВ.**

Электрообогрев бетона с помощью провода ПНСВ следует проводить, соблюдая требования техники безопасности, касающиеся бетонных и ж/бетонных работ, а также электробезопасности.

Слежение за исполнением всех требований безопасности и электробезопасности, приказом назначается на ИТР, именуемого квалификационную группу по электробезопасности не ниже 4.

Установку электрооборудования и электросетей, слежение за работой и включение элементов выполняют электромонтеры, с квалификационной группой не ниже 3.

Рабочие остальных специальностей, проводящие смену на посту электрообогрева и вблизи него, должны получить инструкции относительно безопасности. В период обогрева проводом ПНСВ посторонние лица на объекте не допускаются!

Пост электрообогрева ограждается в соответствии с государственным стандартом 23407-78, кроме того, он должен быть оборудован световой сигнализацией и знаками безопасности, должно быть обеспечено и хорошее освещение! Сеть электрообогрева должна отключаться при перегорании ламп сигнальных.

Греющие элементы провода ПНСВ включаются при отключенной сети.

Температура бетона и сила тока измеряется персоналом, имеющий квалификационную группу не ниже 2.

## Сведения о методе прогрева бетона греющим проводом.

### ВНИМАНИЕ!

«Представленная информация не может служить руководящим документом или предлагаемым составителем Паспорта руководством по практическому применению метода. Не располагая утвержденными в законном порядке нормативными материалами, составитель считает необходимым изложить полученные из Интернета отдельные сведения и рекомендации, относящиеся к этому методу прогрева бетона. В Интернете имеются адреса организаций, которые предоставляют консультации в конкретном случае применения метода.»

В подлежащей заливке бетоном конструкции располагают и закрепляют набор стальных изолированных проводов одинаковой длины. Провода делят на три равные группы, провода каждой группы соединяют между собой параллельно. Полученные три набора проводов соединяют концами в три узла и подключают к трем выходным зажимам станции. В электротехнике такое соединение называют «треугольником». Каждый провод треугольника, называемый «нитка», находится под линейным напряжением станции.

При соединении нагрузки «звездой» в конструкции устанавливают набор «троек» - трех отрезков провода равной длины, соединенных предварительно одним концом в узел.

Свободные концы всех «троек» соединяют в три узла и подключают к выходным зажимам станции.

Каждый провод любой «тройки» находится под фазным напряжением станции, которое меньше линейного в 1,73 раза.

Для электропрогрева бетона используют провод со стальной жилой в изоляционной оболочке марки ПНСВ. Наиболее часто применяют провод О 1,2 мм, иногда провод О 1,4 мм и более.

Приведенные ниже рекомендации даны для провода ПНСВ О 1,2 мм.

Рабочий ток для погруженного в бетон провода такого диаметра составляет приблизительно 15А; вне бетона, на воздухе, такое значение тока недопустимо велико. Поэтому выводы от «ниток» и «троек» оснащают проводами большего сечения, т. н. «холодными концами».

Обычно «холодные концы» выполняют проводом АПВ-4, их длина составляет 0,5...1,0 метр. Соединение нагревающих проводов с «холодными концами» и между собой (общая точка «тройки») производят скруткой, провода под скрутку зачищают на 80...100 мм. Скрутку изолируют х/б лентой, более стойкой, чем полимерная.

Для изготовления «ниток» провод нарезают кусками длиной по 28 метров и свивают в спираль О 30...40 мм. Намотку провода ПНСВ в спирали производят до оснащения его «холодными концами» на специальном станке, в качестве привода может быть использована электродрель. Нагревательные спирали удобны при хранении и монтаже.

Для изготовления «троек» провод нарезают кусками по 17 метров, свивают, зачищают один конец трех спиралей, скручивают и изолируют скрутку.

Сопrotивление одной «нитки» при комнатной температуре приблизительно 4 Ом, сопротивление отрезка «тройки» в 1,73 раза меньше.

Расчетное количество «ниток» и «троек» для станций мощностью 100 кВт и 80 кВт приведено в таблице:

Тип станции	Число «ниток» («треугольник»)	Число «троек» («звезда»)
СПБ-80	51 (3 группы по 17	30

	шт.)	
СПБ-100	63 (3 группы по 21 шт.)	37

Спиральи нагревающих проводов крепятся одним концом и растягиваются равномерно вдоль арматуры. Длина растянутой «нитки» составляет от 8 до 25 метров, «тройки» - от 5 до 15 метров. Провода не должны накладываться друг на друга и сближаться менее чем на 100 мм. Тепловыделение одного погонного метра провода приблизительно 35Вт. Для прогрева 1 м<sup>3</sup> бетона в зимнее время требуется мощность 1,5...2,5 кВт, цикл термосного выдерживания конструкции от 2 до 3 суток.

Потребность в электроэнергии для обогрева определяется расчетами в зависимости от вида конструкций, которые характеризуются величиной, равной отношению площади охлаждения к объему бетона. Как правило, на нее влияют температура окружающей среды, степень защиты конструкций от охлаждения, скорость разогрева бетона в течение одного часа.

При расчетах необходимо учитывать следующие показатели:

- 1 квт/час выделяет 860 ккал тепла;
- удельная теплоемкость бетона 620 ккал/м<sup>3</sup>хС<sup>0</sup>, что при этом температура 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона поднимается на 1°С;
- при твердении 1 м<sup>3</sup> бетона выделяет в среднем 500 ккал/час.

Ниже приведены выдержки из СН и П «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Раздел 7. Бетонные работы». 01.01.2003 г.:

7.3.15. При электропрогреве бетона монтаж и присоединение электрооборудования к питающей сети должны выполнять только электромонтеры, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

7.3.16. В зоне электропрогрева необходимо применять изолированные гибкие кабели или провода в защитном шланге. Не допускается прокладывать провода непосредственно по грунту или по слою опилок, а также провода с нарушенной изоляцией.

7.3.17. Зона электропрогрева бетона должна находиться под круглосуточным наблюдением электромонтеров, выполняющих монтаж электросети. Пребывание работников и выполнение работ на этих участках не допускается за исключением работ, выполняемых по наряду-допуску в соответствии с межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок.

7.3.18. Открытая (не забетонированная) арматура железобетонных конструкций, связанная с участком, находящимся под электроподогревом, подлежит заземлению (занулению).

7.3.19. После каждого перемещения электрооборудования, применяемого при прогреве бетона, на новое место следует измерить сопротивление изоляции мегаомметром.