**А-21**

**Электротехника**

**11.04.2020**

**Ливанова О.В.**

Лекционное занятие. Тема «Электропрогрев бетона.

 Электрооттаивание грунта»

1. Электропрогрев бетона. Методы, режимы, особенности электротермообработки бетона.
2. Электрооттаивание грунта. Методы, способы, особенности.
3. Техника безопасности при электропрогреве

**1.Электропрогрев бетона**

 Существует несколько методов электротермообработки бетона.

 а)***Электродный*:** сквозной — электроды помещаются вертикаль­но в толщу бетона. Применяется для сборных и монолитных фун­даментов, стен, блоков; периферийный — электроды закреп ляются в опалубке в специальных щитах или термоактивном слое опилок, смоченных раствором хлористого натрия (NaCI). Приме­няется для одностороннего прогрева конструкций толщиной бо­лее 20 см или двустороннего — до 20 см.

б)**Индукционный** — изделие помешается в переменное магнитное поле, образованное электрической обмоткой, и нагревается вих­ревыми токами. Применяется при прогреве сборных и монолитных ' конструкций: колонн, балок, рам, стволов, труб и т.д.

в)**Инфракрасный прогрев** высокотемпературными нагревателями с помощью ламп накаливания, трубчатых, проволочных и других нагревателей. Применяется для прогрева монолитных конструкций сложной конфигурации и при сушке изделий.

**г)Косвенный прогрев** низкотемпературными нагревателями с помо­щью трубчатых, плоских, струнных и других нагревателей, вмонти­рованных в опалубку или маты. Применяется для всех видов изделий.

д)**Инфракрасный прогрев** в камерах с излучательными поверхностя­ми. *Применяется при изготовлении плит и панелей.*

е)**Электропрогрев бетонной смеси вне формы**, при котором смесь в горячем состоянии укладывается в форму. Применяется для возве­дения монолитных конструкций и при изготовлении изделий в заводских условиях.

Прогрев электродным способом может производиться только переменным током, так как постоянный ток вызывает необрати­мые химические реакции, изменяющие структуру бетона. Сопро­тивление бетона зависит от его удельного сопротивления, поверх­ности соприкосновения с бетоном и расстояния между электрода­ми. Электропроводность бетона, зависящая от содержания в нем влаги, по мере твердения бетона уменьшается. Для поддержания расчетного тепловыделения в бетон вводятся различные примеси — CaCI, NaCI, ускоряющие твердение и уменьшающие сопротивле­ние бетона.

Применяемые при прогреве электроды подразделяются на пла­стинчатые, полосовые, стержневые и струнные (рис. 1). Для пер­вых двух видов применяется кровельная сталь, для других — прут­ки диаметром 5... 12 мм. Пластинчатые электроды имеют вид пла­стин, целиком или частично закрывающих противоположные плос­кости по толщине изделия. Струнные электроды закрепляются вдоль оси длинномерных конструкций. Расстояния между электродами берутся в соответствии с рис.1.



Рис.1. Электродный метод электропрогрева бетона: а — при помощи стержневых элект­родов; б — струнных; в — пластинча­тых; 1 — бетон; 2 — электроды; 3 — арматура; 4 — опалубка; 5— крюки; 6 — выводы электродов для присо­единения к питающей сети; 7 — провод

 Особенно важным является электропрогрев в зимнее время. Замерзание бетона в процессе твердения снижает его прочность, причем тем больше, чем раньше он был заморожен. По достиже­нии бетоном 50...60% прочности замораживание не влияет на конечную прочность бетона. Исходя из этого выбирают режим прогрева.

 Длительный режим применяет­ся для массивных конструкций, ус­коренный режим — для облегчен­ных конструкций, промежуточный режим — для остальных конструк­ций. Кроме того, возможен ступен­чатый режим с несколькими изо­термическими ступенями (применя­ется для монолитных и сборных предварительно нагруженных кон­струкций), режим «изотермический пригрев и остывание», при котором прогрев осуществляется по методу электроразогрева вне формы (при­меняется для монолитных конструк­ций), саморегулирующийся режим с постоянным напряжением тока пригрева (для массивных конструк­ций), импульсный режим с попе­ременным отключением тока. Мак­симальная температура процесса ог­раничивается предельно допустимой для определенной марки бетона (обычно 40...80°С).

 Электропрогрев бетона производится при помощи специальных трехфазных трансформаторов с масляным охлаждением с изменением напряжения ступенями. Наряду с трехфазными могут быть использованы однофазные, в том числе сварочные, подключаемые трехфазными группами. Сварочные трансформаторы рассчитаны на повторно-кратковременный режим, и их непрерывная нагрузка при прогреве должна составлять 60-70% номинальной.

 Электропроводку от понизительных трансформаторов до места электропрогрева выполняют только изолированными проводами с креплением на деревянных опорах, на изоляторах, или специальных переносных опорах в виде козел. Во избежание потерь в линиях трансформаторы должны располагаться как можно ближе к электродам в месте прогрева бетона. Контакты соединительных прово­дов с электродами и с другими проводами обеспечиваются с по­мощью болтов или съемных зажимов.

Перед включением вторичной сети трансформатор проверяют в режиме холостого хода, при этом проверяют также возможность регулировки вторичного напряжения. Во время работы следует сле­дить с помощью амперметров или измерительных клещей за рав­номерной нагрузкой на фазах.

По мере твердения бетона его сопротивление уменьшается. Для поддержания тока следует увеличить напряжение на выходе транс­форматора.

Измерение температуры бетона при электропрогреве произво­дят термометрами в скважинах, заранее заготовленных, не менее трех в каждом конструктивном элементе. В первые 5...6 ч темпера­туру измеряют через каждый час, в последующие 18 ч — через 2 ч и в остальное время — 2 раза в смену.

Для электропрогрева бетона, кирпичной кладки, оштукатурен­ных поверхностей используются внешние источники тепла.

Электропрогрев изделий с использованием внешних источни­ков тепла, в отличие от электродного прогрева, происходит за счет тепла, которое выделяется вне конструкции и передается бе­тону через промежуточные материалы (опилки, воду, воздух, пар, металлические стенки) или же за счет лучеиспускания. Так как внешний электропрогрев ниже электродного, он применяется толь­ко для изделий сложной конфигурации.

*ж)****Прогрев бетона электрическими печами сопротивления****.* В элект­рических печах сопротивления, применяемых для косвенного про­грева бетона, нагревательным элементом служит нихромовая или фехралевая проволока. Простейшая отражательная печь, предназ­наченная для электропрогрева бетонных и железобетонных изде­лий небольшой толщины, представляет собой деревянный желоб параболической формы из шпунтованных досок толщиной 40 мм.

Для прямого электропрогрева используют инвентарные элект­рощиты. Электрощит представляет собой раму из уголков, внутри которой на стальном листе толщиной 1 мм по слою тонкой изоля­ции уложена нагревательная стальная или нихромовая проволока. Сверху проволока изолирована листовым асбестом и слоем мине­ральной ваты толщиной 20...30 мм, защищенным листом кро­вельного железа. При прогреве несколько таких щитов включаются последовательно. Температура бетона регулируется включением в цепь разного числа электрощитов.

Для прогрева железобетонных труб и колец используют цилин­дрические печи с нагревательной спиралью, намотанной на кусок асбоцементной трубы.

*з)****Электропрогрев при помощи термоактивного слоя****.* Прогреваемую конструкцию покрывают слоем опилок, смоченных для повыше­ния электропроводности слабым раствором соли (3... 5 %). В опилки закладывают электроды из круглой или полосовой стали, включае­мые в сеть. При включении тока опилки нагреваются и тепло пере­дается конструкции. Для увеличения электропроводности опилок их после засыпки слегка прессуют. Температура опилок поддерживает­ся на уровне 80...90'С. Необходимая мощность в период подъема температуры 7...8 кВт на 1 м3 бетона, а расход электроэнергии на прогрев такого же объема бетона достигает 120... 160 кВт ч.

*и)****Прогрев при помощи термоформ с нагревательными элементами****.* При электропрогреве сборных железобетонных изделий применя­ют панели из токопроводящей резины. Электропроводность такой резины создается за счет большого содержания в ней сажи. Нагре­вательные панели имеют средний токопроводящий слой толщи­ной 2 мм, в который заделаны электроды из латунной сетки или полосы, и два наружных слоя из обычной резины толщиной 0,5 мм.

Важным преимуществом этого способа является герметизация изделия в процессе его прогрева, исключающая испарение влаги из бетона.

*к)****Электропропаривание.*** Паровая среда в пропарочной камере со­здается с помощью электрических нагревательных элементов-спи­ралей или электродов, установленных в нижней части камеры. Мощ­ность нагревательных устройств определяется из расчета 7...8 кВт на 1 м3 прогреваемых изделий. К нагревателям подается сетевое напряжение. Для ускорения нагрева изделия рекомендуется при­менять вместо воды 0,5%-ный раствор поваренной соли.

Способ электропропаривания железобетонных изделий приме­няется для изделий сложной конфигурации.

*л)****Электропрогрев инфракрасными лучами****.* При инфракрасном про­греве, в отличие от других способов внешнего обогрева бетона, обеспечивается непосредственная передача тепловой энергии от источника излучения к нагреваемому изделию. В качестве источни­ков инфракрасного излучения используются лампы накаливания типа ЗН мощностью 300 и 500 Вт при напряжении 127 и 220 В. Применяются также обычные лампы накаливания мощностью 200...500 Вт.

Мощность, необходимая для электропрогрева бетона, являющаяся одним из основных факторов, определяющих выбор электрооборудо­вания и расчет питающей сети, зависит от модуля поверхности про­греваемой конструкции, температуры прогрева, температуры наруж­ного воздуха, начальной температуры бетона, конструкции опалубки, эффективности утепления и особенно от скорости разогрева бетона.

В качестве источников питания для электропрогрева применя­ют, как правило, трансформаторы. При электротермообработке бетона для поддержания заданного режима применяют трансфор­маторы со ступенчатым регулированием напряжения, автотранс­форматоры и индукционные регуляторы. Трансформаторы выби­рают по мощности и напряжению.

Выпускается комплектная трансформаторная подстанция наруж­ной установки КТП-ОБ-63У1, предназначенная лля электропрог рева грунта и бетона. В КТП установлен трансформатор ТМОБ-63 номинальной мощностью 63 кВ А.

Ориентировочный расчет расхода электроэнергии *(W)* и тре­буемой мощности (*Р*) для электропрогрева бетона производится соответственно по формулам:

*W=WудV; P = pV,* (1)

 где *Wya —* удельный расход электроэнергии, кВт-ч/м3;

 р — удель­ная мощность на 1 м3 бетона, кВт/м3;

*V* — объем бетона, м3.

Удельный расход электроэнергии Ф'уд (кВт-ч/м3) при прогрева­нии бетона различными способами:

**Электродный способ прогрева 80... 120**

**Индукционный » » 120... 150**

**Инфракрасный » » 100...200**

**Таблица 1**

Удельная мощность для электропрогрева бетонных конструкций, кВт/м3

|  |  |
| --- | --- |
| **Температура воздуха, 'С** | **Температура прогрева, ’С** |
| **40** | **80** |
| **0** | **7,7...9,3/15,6... 18** | **8,3... 10,4/16,2... 19,2** |
| **-5** | **8,2... 10,1/16,1... 18,9** | **8,7... 11,2/16,6...20** |
| **-30** | **8,6... 10,9/16,5... 19,7** | **9,1... 12/15... 25** |
|  |  |  |

**Примечание. До черты указаны пределы удельной мощности при ско­рости повышения температуры при нагреве Ю'С/ч, после черты — 20’С/ч.**

**2.Электрооттаивание грунта. Методы электрооттаивания грунта, схемы, оборудование.**

Электропрогрев грунтов применяют в тех районах, в которых имеется свободная электрическая мощность (например, вблизи мощных гидростанций).

Существует несколько способов электропрогрева грунтов, из которых наиболее удобным, дешевым и безопасным является элек­тродный способ с непосредственным подключением установок элек­тропрогрева к существующим электросетям напряжением до 380 В.

**Электродный способ** заключается в том, что через грунт пропус­кается электрический ток напряжением 220 или 380 В. Электропро­водность грунта зависит от степени его влажности, состояния и тем­пературы, наличия в грунте растворов солей, кислот, от строения грунта и т.п. Сложность строения грунта и происходящие в нем физические явления и изменения, связанные с тепловыми процес­сами, значительно влияют на его электрическое сопротивление.

Поверхность прогреваемого участка грунта засыпается на 15...25 см слоем опилок, смоченных водным раствором соли (по­варенной, хлористого кальция) или соляной кислоты, имеющи­ми назначение первоначально проводить ток и утеплять грунт; даже при напряжении 380 А ток практически не проходит через мерз­лый грунт.

**При электропрогреве грунта горизонтальными электродами** (рис. 2, *а)* тепло передается грунту главным образом от нагрева­ющегося слоя опилок, а участие самого грунта в цепи тока отно­сительно небольшое. Только незначительный верхний слой грун­та, прилегающий к электродам, включается в электроцепь и явля­ется сопротивлением, в котором выделяется тепло.

Горизонтальные электроды применяются при отогреве грунта на небольшую (до 0,5... 0,7 м) глубину, а также в тех случаях, когда вертикальные электроды неприменимы вследствие малой электропроводности грунта или невозможности забивки их в фунт, смешанный, например, с щебнем.

**Отогрев вертикальными электродами** (рис. 2.б*)* более эффек­тивен и применяется при глубине мерзлого грунта более 0,7 м, а также при малом контакте между горизонтальными электродами и грунтом. В твердые грунты (глинистые и песчаные с влажностью более 15...20%) электроды забиваются на глубину 20...25 см, а затем осаживаются по мере оттаивания грунта. При оттаивании на глубину 1,5 м рекомендуется иметь два комплекта электродов — коротких и длинных. По мере оттаивания грунта короткие элект­роды заменяются длинными. Отогрев грунта на глубину 2 м и бо­лее следует производить ступенями с периодическим удалением оттаявших слоев (при выключенном токе).



На рисунке. Электропрогрев грунта: *а* — горизонтальными электродами: *1* — электроды; *2* — опилки, смоченные ра­створом соли; *3* — подводка электроэнергии; *4 —* верхнее утепление (толь, маты и т.п.); 5 — грунт; *б* — вертикальными электродами: *1* — подвод электроэнергии;

*2* — опилки с утеплителем; *3* — грунт; *4* — электроды

При вертикальных электродах грунт засыпается опилками, ко­торые сначала служат побудителем к прогреву верхнего слоя грун­та. По мере оттаивания слои грунта включаются в цепь, после чего опилки только уменьшают теплопотери оттаиваемого грунта. Вме­сто опилок побудителем могут служить бороздки, пробитые зуби­лом между всеми электродами на глубину 6 см и залитые раство­ром соли. При покрытии поверхности отогреваемого грунта слоем сухих опилок, как показывает практика, устройство бороздок дает очень хорошие результаты.

В целях экономии электроэнергии и максимального использо­вания мощности средняя положительная температура прогревае­мого грунта не должна превышать 2...5°С, в отдельных точках — 15...20°С; прогрев следует вести участками с перерывами в пита­нии их током.

Требуемая мощность и расход энергии при температуре грунта 15 °С в среднем на каждый кубический метр составляют 3,5 кВт при расходе электроэнергии 30 кВт-ч.

За последние годы разработан и внедрен в производство в се­верных районах страны отогрев грунта электроэнергией напряже­нием до 10 кВ.

По сравнению с напряжением 380 В применение для электро­прогрева мерзлого грунта электродов с напряжением 10 кВ позво­ляет ускорить производство работ и сокращает их стоимость. По­требное количество электродов уменьшается, а расстояние между ними увеличивается. Сокращается объем подготовительных работ по погружению электродов в грунт. Основное количество тепла выделяется около электродов, остальная часть грунта прогревает­ся до отрицательной температуры, близкой к 0°С за счет тепловой энергии, аккумулированной около электродов. Грунт прогревается снизу вверх, за счет этого уменьшаются потери тепла в атмосферу. Прогрев мерзлого грунта до температуры —1,5...—0,5°С создает весь­ма благоприятные условия для его разработки землеройными ме­ханизмами, так как при полном оттаивании грунт примерзает к ковшу экскаватора или отвалу бульдозера. Кроме того, увлажнен­ный грунт, удаленный в отвал, смерзается, что вызывает допол­нительные затраты при его погрузке в транспортные средства или при обратной его засыпке.

**3.Техника безопасности при электропрогреве**

Техника безопасности при электропрогреве при напряжении до 10 кВ мерзлого грунта заключается в полном исключении попа­дания людей и животных в зону опасных шаговых напряжений. Многократными измерениями установлены величины шаговых на­пряжений в грунтах при рабочем напряжении на электродах 10 кВ;

безопасное шаговое напряжение 40 В наблюдалось, как правило, на расстоянии 9... 10 м от электродов, участвующих в прогреве грунта. Напряжения измерялись между вертикальными контрольны­миэлектродами, заглубленными в грунт на 1,5 м и на 5...7 м.

Ограждение опасной зоны электропрогрева предусматривает расположение на расстоянии 15 м от крайних рабочих электродов многоярусного мягкого веревочного барьера, укрепленного на ин­вентарных деревянных опорах. Концы веревок крепятся к рычагам конечных выключателей, устанавливаемых на опорах. Конечные выключатели срабатывают при натяжении любой из горизонталь­ных веревочных преград, что вызывает отключение напряжения подводимого к установке электропрогрева грунта.

**Домашнее задание.**

1. Кратко законспектировать и выучить тему.
2. Ответить на контрольные вопросы:

- зачем нужно прогревать бетон?

- какие способы прогрева вы знаете?

- зачем нужно прогревать грунт и какими способами это можно сделать

Результаты выполнения данной работы предоставить фотографиями.

Обратная связь : +79084784890 (viber , WhatsApp, telegram), страница в ВК: <https://vk.com/id58154901> , email : livanova-o@list.ru