

Оглавление.

1.	Введение.....	1
1.1	ТЭНы для электропрогрева бетона.....	1
1.1.1	Провод ПНСВ.....	1
1.1.2	Способы включения ТЭНов.....	2
1.1.3	Рабочее напряжение ТЭНов.....	2
2.	Технология электропрогрева бетона.....	2
2.1	Заготовка ТЭНов.....	3
2.1.1	Определение длины отрезков провода.....	3
2.1.2	Соединение проводников в ТЭНах.....	4
2.1.3	Специальная подготовка ТЭНов.....	5
2.2	Монтаж ТЭНов.....	5
2.3	Подключение ТЭНов к источнику питания.....	6
2.4	Оперативное дежурство.....	7
3.	Проектирование СЭПБ.....	8
3.1	Теплотехнический расчет.....	8
3.2	Разработка принципиальной схемы.....	9
3.2.1	Выбор трансформаторов для СЭПБ.....	9
3.2.2	Подключение ТЭНов к источнику питания.....	9
3.2.3	Дооборудование трансформаторов для СЭПБ.....	10
3.2.4	Трансформаторы 380/36.....	11
3.3	Разработка монтажной схемы.....	12
3.3.1	Общие правила составления монтажной схемы СЭПБ.....	12
3.3.2	Монтажные длины ТЭНов.....	12
4.	Обеспечение технологии ЭПБ.....	14
4.1	Утепление прогреваемых конструкций.....	14
4.2	Обеспечение надежности.....	14
4.2.1	Технические мероприятия по обеспечению надежности.....	14
4.2.2	Организационные мероприятия по обеспечению надежности.....	15
	Таблица 1. Сопротивления отрезков ПНСВ для различных ТЭНов.....	3
	Таблица 2. Нагрузочная способность трансформаторов.....	9
	Таблица 3. Нагрузочная способность проводников при электропрогреве бетона.....	9
	Таблица 4. Монтажные длины ТЭНов из ПНСВ–1.2.....	13
	Таблица 5. Монтажные длины ТЭНов из ПНСВ–1.4.....	13

1. Введение.

Сущность электропрогрева бетонных (далее ЭПБ) конструкций проводом заключается в том, что в конструкцию закладываются специальные провода, служащие источником тепла. При этом электрический ток, вызывающий тепловыделение, течет (в нормальном режиме) по изолированным проводам, а не через бетон, как при электродном прогреве. Под системой электропрогрева бетона (СЭПБ) понимается комплекс электроустановок, обеспечивающих прогрев бетонных конструкций за счет тепловыделения заложенного в них провода.

1.1 ТЭНы для электропрогрева бетона.

В наиболее простом случае ТЭНом является отрезок провода марки ПНСВ, отмеренный для получения определенного рабочего тока.

ТЭНы различаются:

1. по марке используемого провода;
2. по способу включения;
3. по рабочему напряжению.

1.1.1 Провод ПНСВ.

Для ЭПБ используется, в основном, провод марки ПНСВ различных сечений. Наиболее употребим провод Ø1.2 мм, однако в ряде случаев экономичнее оказывается провод Ø1.4 мм. Провод ПНСВ представляет собой стальную жилу в изоляционной оболочке (Рисунок 1). Жила может быть оцинкована. Изоляционная оболочка изготавливается из полиэтилена или поливинилхлоридного пластика. Номинальный ряд диаметров ПНСВ: 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 мм. Далее в тексте под проводом ПНСВ понимается провод с токопроводящей жилой не менее Ø1.2 мм.



Рисунок 1. Провод ПНСВ.

Свойства ПНСВ таковы, что рабочий ток погруженного в бетон провода следует выбирать в 14 – 16 Ампер¹. При этом значении тока провод ПНСВ способен нормально рабо-

¹ Тут следует оговориться, что такой ток допустим только для кратковременной (до 7 суток) интенсивной работы. Для более длительного использования ТЭНов, заложенных в бетон, надлежит соблюдать предельную мощность в 20 Вт/м.

тять в бетоне, однако на воздухе, из-за худших условий отвода тепла, быстро выходит из строя. Ввиду этого ТЭНы оснащаются так называемыми «холодными концами», то есть отрезками провода, способного на воздухе выдерживать рабочий ток ТЭНа. Как правило, «холодные концы» выполняются из провода АПВ–4 (из соображений механической прочности, по току допустим АПВ–2.5), хотя возможно выполнение «холодных концов» из двух соединенных параллельно отрезков ПНСВ. Длина «холодных концов» выбирается из требований монтажной схемы и составляет, как правило, 0.5–1 метр.

1.1.2 Способы включения ТЭНов.

По способу включения следует различать одно- и трехфазные ТЭНы.

Первый из них представляет собой отрезок провода ПНСВ, длина которого отмерена так, что при включении под напряжение ток в проводе (погруженном в бетон) составляет 14–16 Ампер. В дальнейшем такой ТЭН будет именоваться «нитка». Нитка при заготовке оснащается «холодными концами», скрутки изолируются х/б изолентой.

Второй представляет собой три отрезка провода ПНСВ, соединенные в звезду; длина отрезков отмерена так, что при подключении к трехфазному источнику питания ток в проводах (погруженных в бетон) составляет те же 14–16 Ампер. В дальнейшем такой ТЭН будет именоваться как «тройка». Тройка при заготовке «холодными концами», как правило, не оснащается, скрутка изолируется х/б изолентой. Отрезки, из которых собирается тройка, имеют длину примерно в $\sqrt{3}$ меньше длины нитки.

1.1.3 Рабочее напряжение ТЭНов.

ТЭНы могут быть рассчитаны на различное напряжение. В случае применения специальных трансформаторных подстанций КТПТО рабочее напряжение следует принимать равным 75 Вольтам (3 ступень). Возможно также греть небольшие объемы бетона трансформаторами 380/36 Вольт, например, марки НТС.

2. Технология электропрогрева бетона.

Процесс электрического прогрева бетона (далее – ЭПБ) проводом возможно разделить на отдельные повторяющиеся технологические операции:

1. Заготовка ТЭНов.
2. Монтаж ТЭНов. Заключается в укладке заготовленных ТЭНов в строительные конструкции, подлежащие прогреву.

3. Утепление подлежащей прогреву конструкции. Заключается в создании условий минимального теплообмена бетонной конструкции с окружающей средой.
4. Подключение ТЭНов к источнику питания. Заключается в прокладке временных линий электроснабжения от трансформатора прогрева к ТЭНам, заложенным в прогреваемую конструкцию и соединению их определенным образом.
5. Включение электропрогрева и оперативное дежурство (регулярный контроль, изменение степени нагрева, устранение мелких неисправностей).

2.1 Заготовка ТЭНов.

2.1.1 Определение длины отрезков провода.

Как уже было упомянуто, длина отрезков ПНСВ для ТЭНов должна быть четко отмерена так, чтобы ток в проводе, погруженном в бетон, составлял 14 – 16 Ампер. Практическим путем определены средние длины отрезков ПНСВ–1.2 для КТПТО (то есть на 75 Вольт): нитка – 28 метров, отрезок для тройки – 17 метров.

Применение ТЭНов фиксированной длины показало, что удельное сопротивление ПНСВ весьма нестабильно ($\pm 20\%$), изменяясь как от партии к партии, так и в одной бухте от начала к концу. Наиболее надежным оказалось корректировать длину отрезков по их активному² сопротивлению. Замер следует производить до монтажа «холодных концов» или монтажа в звезду. Коррекцию длины отрезков рекомендуется производить 1-2 раза на километр ПНСВ. Для определения сопротивления отрезка ПНСВ в зависимости от типа ТЭНа составлена Таблица 1.

Таблица 1. Сопротивления отрезков ПНСВ для различных ТЭНов.

Тип ТЭНа	Активное сопротивление, Ом	
	от	до
нитка на 75 Вольт	3.8	4.0
тройка ³ на 75 Вольт	2.2	2.4
нитка на 36 Вольт	1.8	2.0
тройка на 36 Вольт	1.1	1.2

² *Активное сопротивление* – сопротивление постоянному току.

³ Указано сопротивление каждого из трех отрезков тройки.

Некоторое несоответствие сопротивления элемента тройки теоретическому (то есть сопротивлению нитки, деленному на $\sqrt{3}$) объясняется иным способом подключения троек, при котором падение напряжения от источника питания до ТЭНов несколько меньше.

Для определения сопротивления отрезков провода необходим омметр, способный с точностью $\pm 10\%$ измерять сопротивление в диапазоне 0 – 5 Ом. Так как отсчет показаний ведется обычно недостаточно квалифицированным персоналом, желательно, чтобы омметр имел линейную шкалу прямого отсчета. Один из вариантов подобного омметра демонстрирует Рисунок 2. На шкале видны отметки фломастером, соответствующие сопротивлению тройки – «3» и нитки – «Н».

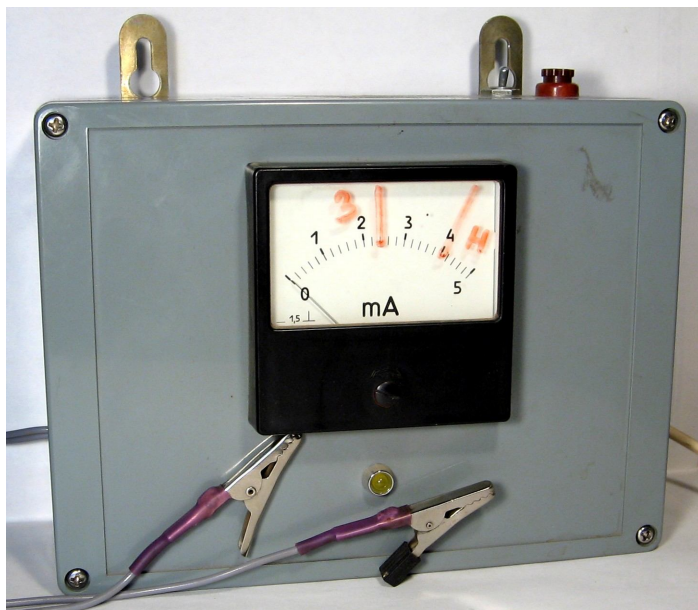


Рисунок 2. Омметр 0-5 Ом с линейной шкалой.

2.1.2 Соединение проводников в ТЭНах.

Качество контактных соединений оказывает значительное влияние на надежность системы электропрогрева бетона в целом. Особое внимание следует обращать на качество контактных соединений, утапливаемых в бетон. Плохо выполненные скрутки могут вызвать отключение отдельных ТЭНов (или групп ТЭНов) на стадии начального разогрева конструкции. При изготовлении ТЭНов рекомендуется зачищать провод для скруток на длину 70–80 мм, избегая повреждений токопроводящих жил при снятии изоляции.

Некачественная изоляция скруток увеличивает, за счет утечки в бетон, ток в проводах. При превышении длительно допустимого тока возможен выход ТЭНов из строя. Для изоляции скруток, утапливаемых в бетон, предпочтительно применять хлопчатобумажную изоляционную ленту, так как она допускает больший температурный диапазон монтажа и эксплуатации.

Для повышения надежности системы электропрогрева бетона операции по заготовке ТЭНов следует выполнять в условиях отапливаемого помещения, предпочтительно – в условиях оборудованной мастерской.

2.1.3 Специальная подготовка ТЭНов.

В целях ускорения монтажа ТЭНов в конструкции, а также для упрощения монтажных схем и экономии провода силовых линий при заготовке ТЭНов может проводиться их предмонтажная подготовка. Подготовка заключается в придании отрезкам ПНСВ формы спирали Ø30–40 мм (смотри Рисунок 3).

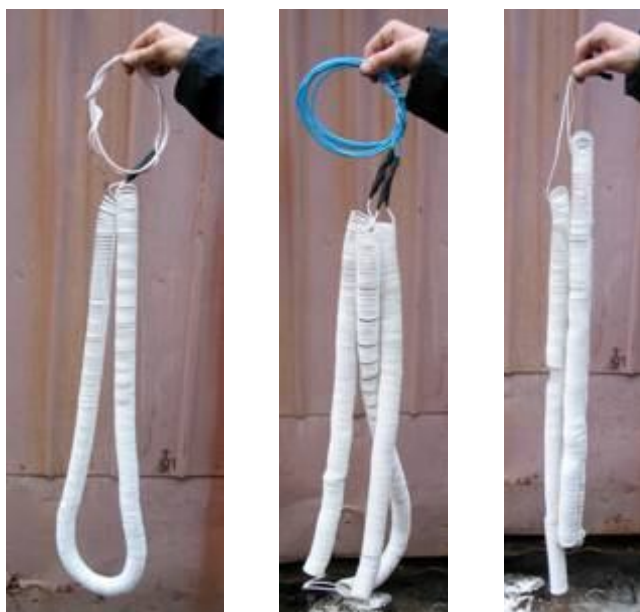


Рисунок 3. Подготовленные к монтажу ТЭНов. Слева направо: нитка, тройка и тройка без «холодных концов».

Намотка ПНСВ в спирали производится до оснащения ТЭНов «холодными концами» на специальном станке, использующем в качестве привода электродрель.

Далее по тексту рассматриваются, если не сделано специальных оговорок, только свитые в спираль ТЭНов.

2.2 Монтаж ТЭНов.

Укладку ТЭНов в бетонные конструкции следует осуществлять в соответствии с монтажной схемой. Спирали ТЭНов крепятся одним концом и растягиваются вдоль арматуры на заданную монтажной схемой длину так, чтобы вывести из бетона «холодные концы» достаточной для подключения длины. Провод должен распределяться по трассе равномерно, так, чтобы не возникало локальных перегревов. Холодные концы следует надежно крепить к кар-

касу или опалубке с тем, чтобы они не смещались в процессе заливки бетона. Крепление ПНСВ к арматуре следует выполнять так, чтобы не повреждалась изоляция провода и обеспечивалось надежное крепление, например, отрезками (отходами) провода ПНСВ через интервал 0.5 – 0.75 метр. При монтаже нельзя накручивать ПНСВ на арматуру – в случае необходимости накручивать можно провод «холодных концов». Запрещено допускать пересечение или сближение менее чем на 50 мм провода различных ТЭНов.

Во время монтажа следует обеспечить сохранность как токопроводящих жил, так и изоляции. После монтажа ТЭНов нельзя вести на конструкции работы, могущие вызвать их повреждение – например, сварочные работы.

При заливке бетона необходимо наблюдать за тем, чтобы уложенные в конструкцию ТЭНовы были полностью утоплены в бетоне. Следует помнить о том, что на воздухе провод ПНСВ под действием рабочего тока быстро перегорает и, кстати, может вызвать возгорание утеплителя.

2.3 Подключение ТЭНов к источнику питания.

Должно осуществляться квалифицированными электриками в соответствии с монтажной и принципиальной схемой.

Электротехнический персонал, выполняющий подключение ТЭНов к источнику питания, должен руководствоваться следующими правилами:

1. Вся электрическая часть СЭПБ должна выполняться максимально надежно, так как ее неисправности неизбежно приводят к значительным материальным убыткам.
2. Контактные соединения всех видов должны выполняться качественно, так как часть электрооборудования СЭПБ используется на повышенных по отношению к обычным (определенным ПУЭ) токах.
 - а. Подключение проводов «накруткой» ненадежно и недопустимо даже для одного ТЭНа.
 - б. Соединять медные проводники с алюминиевыми разрешается только при помощи специальных соединителей (например, сжимов типа У-859, У-739, У-731 и т.п. – «орешков»).
 - в. Провода с однопроволочной жилой (АПВ) на токах до 75 Ампер допустимо соединять «скруткой». Качество соединений должно соответствовать рабочему току – провода следует зачищать на длину 50–100 мм в зависимости от сечения провода, избегая повреждений жилы при снятии изоляции.
3. Кабельные и проводные линии, питающие СЭПБ (кроме «холодных концов»), работают в напряженном тепловом режиме, их утепление НЕДОПУСТИМО. ЗАПРЕЩЕНО ухуд-

шать условия отвода тепла от линий питания «низкой» стороны СЭПБ любыми способами – накрывать их, укладывать кольцами, допускать пересечения и так далее.

4. Так как электрооборудование СЭПБ эксплуатируется в особо опасных условиях (в отношении опасности поражения персонала электрическим током), следует принять все меры к недопущению электротравм.

2.4 Оперативное дежурство.

Оперативное дежурство по СЭПБ включает:

1. обходы и осмотры электрооборудования СЭПБ;
2. оперативные переключения;
3. замеры электрических величин, характеризующих состояние СЭПБ;
4. замену предохранителей, контрольных ламп, устранение мелких неисправностей;
5. ведение документации.

Обходы и осмотры СЭПБ включают в себя визуальный осмотр всех электроустановок СЭПБ на предмет выявления неисправностей и аварийных режимов работы.

Оперативные переключения включают в себя:

- включение и отключение элементов СЭПБ, переключение вводов;
- изменение степени нагрева регулировкой выходного напряжения трансформатора (для КТПТО – 80 и аналогичных).

Замеры электрических величин осуществляются для контроля состояния СЭПБ. Результаты замеров заносятся в специальный оперативный журнал. Измерения сводятся к замеру токов в указанных на схеме точках (токоизмерительными клещами) и, в случае необходимости, к замеру напряжения (вольтметром переменного тока).

Замена предохранителей, контрольных ламп, устранение мелких неисправностей производятся в интересах бесперебойного функционирования СЭПБ.

Оперативное дежурство должно осуществляться квалифицированным электротехническим персоналом ввиду того, что включает в себя производство электрических измерений и требует принятия самостоятельных решений. Нежелательно возлагать на оперативный персонал функции контроля за температурами бетонной конструкции, так как при этом не обеспечивается должный контроль за качеством работы электротехнического персонала.

3. Проектирование СЭПБ.

3.1 Теплотехнический расчет.

Вообще говоря, полный теплотехнический расчет СЭПБ довольно сложен и должен выполняться специализированным институтом. Однако неплохие результаты дает и чисто практическое определение параметров СЭПБ. Сущность теплотехнического расчета заключается в определении электрической мощности, требующейся для прогрева бетона до заданной (службой температурно-прочностного мониторинга) температуры.

Порядок практического определения теплотехнических данных СЭПБ, использующей КТПТО–80:

1. По технологическим картам определяется предельный срок, за который должны прогреваться бетонные конструкции.
2. Разрабатываются в эскизах принципиальная и монтажная схемы СЭПБ. Мощность закладываемых в конструкции ТЭНов определяется из расчета 2/1 кВт (зима/лето) на м³ конструкции.
3. Выполняется пробная заливка.
4. По командам службы температурно-прочностного мониторинга (больше-меньше), путем переключения ступеней трансформатора, определяется оптимальный (по срокам) для данной конструкции режим электропрогрева (мощность).
5. По значению мощности, потребляемой конструкцией в оптимальном режиме, и с учетом возможного понижения в дальнейшем температуры окружающей среды первоначальные схемы СЭПБ корректируются так, чтобы оптимальный режим достигался при 3-ей (средней) ступени трансформатора.
6. Выполняются монтажные и принципиальные схемы СЭПБ конструкции.
7. В дальнейшем, если по командам службы температурно-прочностного мониторинга регулярно приходится корректировать мощность прогрева более, чем на одну ступень трансформатора, следует внести в схемы СЭПБ соответствующие коррективы.

Практическое определение теплотехнических данных СЭПБ, использующей нерегулируемые трансформаторы, например НТС, затруднено. Регулировку мощности следует осуществлять:

- понижение – отключением части ТЭНов или ухудшением утепления;
- повышение – улучшением утепления вплоть до подогрева от посторонних источников, к примеру, теплогенераторов.

Не рекомендуется использовать нерегулируемые трансформаторы для прогрева ответственных или критичных по времени набора прочности конструкций.

3.2 Разработка принципиальной схемы.

3.2.1 Выбор трансформаторов для СЭПБ.

В целях определения пригодности различных марок трансформаторов для электропрогрева конкретных конструкций составлена Таблица 2:

Таблица 2. Нагрузочная способность трансформаторов.

Тип трансформатора.	Ниток ⁴ .	Троек.
КТПТО – 80:	51	30
380/36 мощностью 6 кВт:	9	5
380/36 мощностью 2.5 кВт:	3	2
380/36 мощностью 2 кВт:	3	2

3.2.2 Подключение ТЭНов к источнику питания.

Подключение экономически целесообразно выполнять:

- при токе до 100 Ампер – алюминиевым проводом;
- при токе свыше 100 Ампер – медными проводами КГ.

Для определения необходимого сечения линий питания электропрогрева бетона составлена Таблица 3:

Таблица 3. Нагрузочная способность проводников при электропрогреве бетона.

Характер подключения ⁵ :	АПВ-4	АПВ-6	АПВ-10	КГ-25	КГ-35	КГ-50	КГ-70
двухфазное, ниток	2	3	5	9	12	15	18
трехфазное, ниток на три провода	3	6	9	16	21	24	30
трехфазное, троек на три провода	2	3	5	9	12	15	18

Несколько замечаний к таблице:

⁴ На три провода, нитки соединены треугольниками.

⁵ Трехфазные нагрузки считаются симметричными, то есть в каждом плече – одинаковая нагрузка.

- для экономии провода следует максимум нагрузок подключать по трехфазной схеме, причем предпочтение следует отдавать тройкам;
- при несимметричном распределении нагрузки проводники выбираются по наибольшему из предполагаемых линейных токов;
- алюминиевые провода эксплуатируются с перегрузкой, то есть их срок эксплуатации значительно уменьшится.

3.2.3 Дооборудование трансформаторов для СЭПБ.

Особенности применения трансформаторов для СЭПБ потребовали ряда технических решений, направленных на защиту электрооборудование от аварий и неблагоприятных производственных факторов стройплощадки.

3.2.3.1 КТПТО – 80.

Комплектная трансформаторная подстанция в заводской комплектации не приспособлена для работы в качестве передвижной электроустановки. Тем не менее, экономически наиболее выгодно держать трансформатор в непосредственной близости от прогреваемых конструкций, то есть он должен постоянно передвигаться в ходе строительства. Ввиду этого КТПТО – 80 рекомендуется подвергать некоторым доработкам.

Прежде всего, КТПТО следует установить в подходящий корпус, в котором, помимо трансформатора, будет размещаться дополнительное электрооборудование. В качестве корпуса хорошо подходят стандартные 3-ех тонные контейнеры. В контейнере остается достаточно места для хранения провода линий питания, ТЭНов, прочих расходных материалов. В корпусе следует предусмотреть вентиляционные отверстия для отвода тепла от трансформатора.

Для обеспечения электроснабжения КТПТО – 80 в ходе строительства рекомендуется применять приведенную ниже схему (Рисунок 4).

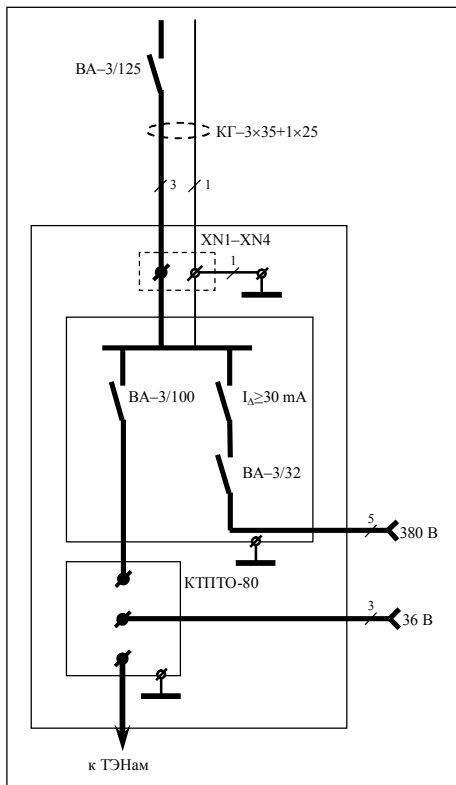


Рисунок 4. Схема электрическая принципиальная дооборудования КТТТО-80.

3.2.4 Трансформаторы 380/36.

Дооборудование нерегулируемых трансформаторов заключается в оснащении трансформатора кабелем питания с сетевым разъемом и установке с низкой стороны трансформатора аппарата токовой защиты. Номинальный ток аппарата защиты выбирается меньшим или равным максимальному выходному току трансформатора. Установка аппаратов токовой защиты на меньшие токи нежелательна ввиду снижения надежности ЭПБ. Ниже приведена схема дооборудования трансформатора НТС-6.0 (Рисунок 5).

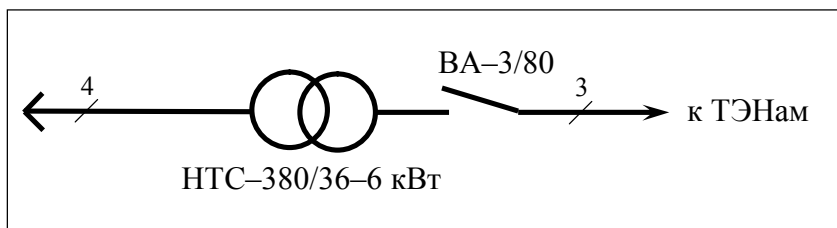


Рисунок 5. Схема электрическая принципиальная дооборудования НТС-380/36-6.0.

3.3 Разработка монтажной схемы.

3.3.1 Общие правила составления монтажной схемы СЭПБ.

1. Способы монтажа ТЭНов следует выбирать так, чтобы провода ТЭНов не накладывались друг на друга и не сближались на расстояние менее 100 мм. Аналогичное требование распространяется и на закладываемые в бетон линии питания ТЭНов.
2. Шаг укладки ТЭНов следует выбирать из диапазона 100 – 300 мм. В случае наличия в конструкции арматурной сетки шаг укладки ТЭНов целесообразно выбирать кратным шагу арматуры. В случае необходимости укладки ТЭНов с меньшим шагом (по требуемой мощности) следует применить двухслойную укладку (расстояние между слоями не менее 100 мм).
3. Следует предусматривать снижение шага укладки ТЭНов в тех местах прогреваемой конструкции, где охлаждение интенсивнее, чем в конструкции в целом. К местам интенсивного охлаждения относятся: края плит, массивные металлические выпуски, места стыка с не прогреваемыми бетонными конструкциями. Шаг укладки ТЭНов в таких местах следует снижать примерно вдвое.
4. Утопленные в бетон скрутки выделяют значительное количество тепла. Края конструкций, в которые утоплены скрутки СЭПБ, не нуждаются, как правило, в снижении шага укладки ТЭНов.

3.3.2 Монтажные длины ТЭНов.

Разработка монтажной схемы, основанной на использовании свитых в спираль ТЭНов, затрудняется некоторыми обстоятельствами:

1. длина ПНСВ, входящего в ТЭН, нестабильна;
2. свитые в спираль ТЭНЫ не разворачиваются на полную длину входящего в них ПНСВ;
3. трасса, по которой растянут свитый в спираль ТЭН, не может быть короче определенного значения (чтобы витки ТЭНа не подогревали друг друга).

Практическим путем были определены монтажные длины различных типов ТЭНов –
Таблица 4 и Таблица 5.

Таблица 4. Монтажные длины ТЭНов из ПНСВ–1.2.

Тип ТЭНа из ПНСВ–1.2	Монтажная длина, м	
	от	до
нитка на 75 Вольт	8	25
тройка на 75 Вольт	5	15
нитка на 36 Вольт	4	13
тройка на 36 Вольт	3	7

Таблица 5. Монтажные длины ТЭНов из ПНСВ–1.4.

Тип ТЭНа из ПНСВ–1.4	Монтажная длина, м	
	от	до
нитка на 75 Вольт	14	42
тройка на 75 Вольт	8	25
нитка на 36 Вольт	7	20
тройка на 36 Вольт	3	10

4. Обеспечение технологии ЭПБ.

4.1 Утепление прогреваемых конструкций.

Важным элементом СЭПБ является обеспечение минимального теплообмена прогреваемой конструкции с окружающей средой. Улучшение термоизоляции бетонных конструкций экономит:

- электроэнергию, затрачиваемую на кубический метр бетона;
- средства, расходуемые на закупку технического оснащения;
- человеко-часы, затрачиваемые на монтаж и оперативное обслуживание СЭПБ.

В качестве утеплителя целесообразно использовать материал опалубки. Применение 18-ти миллиметровой фанеры как утеплителя показало ее достаточные теплоизоляционные свойства. Целесообразно защищать прогреваемые конструкции, теплоизолированные фанерой, от обдува ветром (например, брезентовыми завесами).

Существенным источником потерь тепла из бетонной конструкции может являться испарение влаги с поверхности. Для предотвращения потерь энергии на испарение залитый бетон (открытые поверхности) следует изолировать от окружающей среды влагонепроницаемой пленкой.

4.2 Обеспечение надежности.

4.2.1 Технические мероприятия по обеспечению надежности.

Надежность СЭПБ по источникам электроэнергии может достигаться следующими мерами (с возрастанием номера надежность убывает):

1. установлением 2-ой категории надежности электроснабжения для строительного объекта;
2. применением автономных средств электроснабжения (дизель-генераторов), находящихся в холодном резерве;
3. резервированием вводов (питание объекта от 2-ух и более ТП);
4. резервированием вводных кабелей (питание от разных трансформаторов одной ТП).

Надежность по погруженным в бетон ТЭНам обеспечивается:

- качественным изготовлением ТЭНов;
- грамотным монтажом и подключением ТЭНов;

- выбором монтажной схемы заложенных в бетон элементов СЭПБ (минимум закладываемых в бетон скруток, резервирование ТЭНов ответственных участков и т.п.).

4.2.2 Организационные мероприятия по обеспечению надежности.

1. Организация независимого от энергетической службы температурного контроля прогреваемой конструкции.
2. Организация оперативного дежурства по СЭПБ.
3. Организация прямого взаимодействия энергетической оперативной службы со службой температурно-прочностного мониторинга. Хорошие результаты дают совместные обходы прогреваемых конструкций представителями обеих служб.

Документ предоставлен сайтом <http://note-s.narod.ru>