

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
Национальный исследовательский университет
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ.
Заведующий кафедрой
_____ Н.И. Войтович
_____ июня 2018 года

Разработка шкафа групповой термотренировки печатных узлов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ- 11.03.03.2018.150 ПЗ ВКР

Руководитель проекта
_____ Серба А.В.
_____ 2018 год

Автор ВКР
студент группы КЭ-480
_____ Шеховцов В.А.
_____ 2018 год

Нормоконтролёр
_____ Кудрин Л.П.
_____ 2018 год

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Шеховцов В.А. Разработка шкафа групповой термотренировки печатных узлов – Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭКН; 2018, 64 с. 17 ил., библиогр, список – 9 наим., 12 прил., 4 листа чертежей ф. А1, 2 листа чертежей ф. А3, 2 листа чертежей ф. А4.

В выпускной квалификационной работе произведена разработка шкафа групповой термотренировки печатных узлов.

В ходе работы над проектом разработан шкаф групповой термотренировки печатных узлов, рассчитаны номиналы элементов и характеристики, произведена компоновка шкафа групповой термотренировки. Также разработаны электрическая принципиальная схема, перечень элементов, секции для установки печатных плат, воздухонагревателя и вентиляторов. Представлена документация: схема электрическая принципиальная системы контроля климата шкафа групповой термотренировки, сборочные чертежи шкафа групповой термотренировки, секций для установки печатных плат и секции воздухонагревателя, а также спецификации и чертеж ТЭНа. Для автоматизации процесса проектирования были использованы программные пакеты Altium Designer, Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor и Autodesk Simulation CFD.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Шеховцов В.А.			Лит.	Лист	Листов
Пров.		Серба А.В.			Д	5	47
Реценз.					ЮУрГУ Кафедра КиПР		
Н. Контр.		Кудрин Л.П.					
Утв.		Войтович Н.И.					

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	9
2 СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
2.1 Разработка принципиальной схемы системы контроля климата шкафа групповой термотренировки.....	13
2.2 Расчет номиналов и выбор элементной базы.....	15
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	23
3.1 Разработка корпуса шкафа групповой термотренировки печатных узлов.....	23
3.2 Разработка секций для установки печатных узлов.....	25
3.3 Разработка секции воздухонагревателя.....	28
3.4 Компоновка шкафа групповой термотренировки печатных узлов.....	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	33
ПРИЛОЖЕНИЕ А	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ В	38
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	47
ПРИЛОЖЕНИЕ И	49
ПРИЛОЖЕНИЕ К	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Л	53
ПРИЛОЖЕНИЕ М	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Н	57

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Развитие конструирования необходимо рассматривать с учетом главной цели этого процесса – создать высокоэффективное, малогабаритное и надежное изделие, поэтому производство и эксплуатация требуют ограниченного расхода материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

Инженерная деятельность включает в себя изобретательство, исследование, конструирование, проектирование, организацию изготовления и обеспечение функционирования технических систем. Характер вопросов, решаемых в ходе разработки изделия, зависит от конструктивных особенностей и области его применения. Новое изделие должно обладать свойствами, которые устанавливают его преимущество над изделиями аналогичного применения. Это достигается за счет улучшения параметров ранее выпускаемых изделий, применения нового и более совершенного принципа работы. Для того чтобы разработка изделия достигла поставленных целей, процесс проектирования разбивается на отдельные стадии. На каждой стадии решаются определенные вопросы, решение которых исключает возможность упустить важные моменты проектирования и постоянно приближает к совершенной конструкции изделия.

Основными требованиями, предъявляемыми к изделию, являются соответствие своему назначению и высокая производительность, обеспечение высокого качества, надежности и ремонтпригодности. Разрабатываемое изделие должно обладать удобством применения и функциональными свойствами, необходимыми для выполнения нужных операций.

Таким образом, если при конструировании шкафа групповой термотренировки печатных узлов учитывать все вышеперечисленные требования, то можно добиться повышения эффективности производства, качества изделия, снижения себестоимости и трудозатрат при производстве. При этом конструктор должен использовать знания в системах автоматизированного

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

проектирования, искать оптимальные решения задач проектирования и учитывать возможности производства.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Темой выпускной квалификационной работы является разработка шкафа для термотренировки печатных узлов. Данный шкаф групповой термотренировки предназначен для выполнения отбраковки потенциально ненадежных ЭРЭ, использованных в производстве печатных узлов, путем контролируемого воздействия высокой температуры.

Согласно техническому заданию шкаф групповой термотренировки печатных узлов должен иметь:

- 1) Электропитание вентиляторов и воздухонагревателя шкафа от сети переменного напряжения 220В 50Гц;
- 2) Скорость воздушного потока не менее 1м/с;
- 3) Воздухонагреватель должен быть оснащен защитой от перегрева;
- 4) Конструкция секций шкафа должна обеспечивать размещение печатных узлов размерами 3U и 6U;
- 5) Покрытие шкафа групповой термотренировки должно быть устойчивыми к воздействию температуры от минус 50 °С до плюс 130 °С.

Требования к шкафу групповой термотренировки печатных узлов определены техническим заданием.

Разработку шкафа необходимо проводить в соответствии с техническим заданием, целесообразно конструктивным особенностям шкафа и выполняемым им функциям.

В конструкции шкафа групповой термотренировки печатных узлов должно быть предусмотрено максимальное использование стандартных и заимствованных деталей и сборочных единиц. Для выполнения этого требования будет необходимо произвести обзор ранее выпускаемых предприятием изделий.

Конструкция шкафа групповой термотренировки печатных узлов должна обеспечивать его, технологичность сборки, взаимозаменяемость узлов и деталей. Кроме того, следует максимально приспособить конструкцию шкафа групповой

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

термотренировки печатных узлов к уже организованному серийному производству предприятия – это обеспечит минимальные затраты при производстве, поскольку не потребуется обновление материальной базы.

Важными показателями разрабатываемого изделия являются надёжность: долговечность, безотказность, сохраняемость и ремонтпригодность. Необходимо, чтобы оно было приспособлено к поддержанию и восстановлению работоспособности путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Вид климатического исполнения данного шкафа групповой термотренировки печатных узлов УХЛ4 предполагает эксплуатацию изделия в диапазоне температур от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в закрытом помещении с принудительной вентиляцией и отоплением. Для выполнения данного требования материалы и покрытия, применяемые в конструкции шкафа групповой термотренировки печатных узлов, будут подобраны таким образом, чтобы обеспечить выполнение вышеперечисленных требований.

Покрытие шкафа групповой термотренировки печатных узлов должно быть устойчивыми к воздействию температуры от минус $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для выполнения данного требования будет произведен анализ имеющихся покрытий корпуса шкафа и, в случае несоответствия характеристик данного покрытия требованиям технического задания, будет подобрано другое специальное покрытие шкафа групповой термотренировки печатных узлов.

Шкаф групповой термотренировки должен быть выполнен на основе настенного шкафа серии GL66 фирмы Schroff. Для выполнения данного требования будет произведен обзор каталогов фирмы Schroff, а также выбран корпус из данной серии с определенными габаритами.

Конструкция секций шкафа должна обеспечивать размещение печатных узлов размерами 3U и 6U. Для выполнения данного требования будет произведен обзор используемых секций для размещения печатных узлов, используемых в шкафах серии GL66 фирмы Schroff, а также будут использованы

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

прилагаемые к заказу корпуса шкафа соответствующие крепежные детали для установки данных секций в шкаф групповой термотренировки.

Воздухонагреватель должен быть оснащен защитой от перегрева. Для выполнения данного требования необходимо предусмотреть в системе управления климатом шкафа групповой термотренировки устройство, следящее за температурой нагревательного элемента, а также необходимо предусмотреть место для его установки и подобрать соответствующие крепежные элементы.

Внутренние поверхности шкафа должны быть покрыты теплоизоляционным материалом. Для выполнения данного требования будет произведен анализ существующих изоляционных материалов, которые используют в данной сфере и, на основе полученных данных, будет использован теплоизоляционный материал, подходящий для условий эксплуатации шкафа групповой термотренировки. Использование теплоизоляционного материала повысит эффективность работы шкафа групповой термотренировки и обеспечит защиту окружающей среды и персонала, находящегося в одном помещении с работающим изделием от воздействия высокой температуры. Также необходимо учитывать, чтобы выбранный материал монтировался на стенки шкафа максимально простым способом, данная возможность обеспечит легкую замену материала при проведении ремонтно-технических мероприятий и повысит технологичность изделия.

Разработка, изготовление и эксплуатация шкафа групповой термотренировки печатных узлов должны удовлетворять требованиям безопасности и производственной санитарии, с целью сохранения жизни и здоровья обслуживающего персонала. Для выполнения данного требования материалы и покрытия деталей шкафа групповой термотренировки печатных узлов будут проанализированы на выполнение данных требований, чтобы во всех режимах и условиях эксплуатации не происходило выделение токсических веществ, а токоведущие части были вне зоны доступа оператора, за исключением случая замены предохранителей, а на наружных поверхностях шкафа групповой

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

термотренировки печатных узлов должны быть нанесены соответствующие предупредительные надписи: «Осторожно. Высокая температура».

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

2 СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Разработка принципиальной схемы системы контроля климата шкафа групповой термотренировки.

Принципиальная схема — это схема электрических соединений, выполненная в развернутом виде. Она является основной схемой проекта электрооборудования, отражает работу, служит источником для составления схем соединений и подключений, разработки конструктивных узлов и оформления перечня элементов.

По принципиальной схеме осуществляется проверка правильности электрических соединений при монтаже и наладке электрооборудования. От качества разработки принципиальной схемы зависит четкость работы производственного механизма, его производительность и надежность в эксплуатации.

Для составления принципиальной электрической схемы определимся должны быть использованы в данном устройстве. Для этого необходимо понять основную цель данного изделия и выполнить требования, предъявляемые к шкафу групповой термотренировки техническим заданием.

Основная цель шкафа групповой термотренировки это выполнение отбраковки потенциально ненадежных электро-радио элементов, использованных в печатном узле путем контролируемого воздействия высокой температуры. Из данной цели следует, что шкаф выполняет нагрев содержимого, значит необходимо в него установить нагревательный элемент. Также в техническом задании указано, что скорость воздушного потока должна быть не менее 1 м/с, следовательно, необходимо установить блок вентиляторов, удовлетворяющий данному требованию. Затем в техническом задании указано, что электропитание нагревательного элемента и вентиляторов должно быть от сети переменного напряжения 220 В частотой 50 Гц. Эту задачу выполним путем

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

анализа имеющихся вариантов данных изделий и выбора, подходящих под вышеописанные требования.

В техническом задании сказано, что воздухонагреватель должен быть оснащен защитой от перегрева. Данное требование выполняется путем установки термостата, который при достижении температуры нагревательных элементов 200 С размыкает цепь питания нагревательных элементов. Установку термостата свяжем последовательно с нагревательными элементами

Также необходимо осуществлять контроль и регулировку температуры внутри шкафа, так как разные печатные узлы будут проверяться при своих контрольных значениях температуры. Данную задачу будет выполнять терморегулятор с выносным датчиком температуры, который будет располагаться внутри шкафа подключен датчик будет при помощи термостойкого провода и по нему будет передавать данные в сам терморегулятор.

В случае, если значение тока коммутации, выбранного терморегулятора, будет меньше необходимого, нужно будет использовать контактор, который будет рассчитан на протекание тока со значением, необходимым для питания ТЭНов.

Также необходимо использовать автоматический выключатель с встроенным устройством защитного отключения, для предотвращения короткого замыкания между контактом нагревательного элемента и корпусом шкафа, что повлечет выход из строя системы управления климатом шкафа групповой термотренировки, а встроенное УЗО предотвратит поражение электрическим током рабочего персонала через корпус шкафа.

При разработке схемы для увеличения надёжности устройства выбран наиболее простой вариант, имеющий наименьшее количество связей и контактов.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

После определения элементной базы на принципиальной схеме все элементы показываются отдельно и размещаются для удобства чтения схемы в различных местах ее в зависимости от выполняемых функций.

На основании требований к шкафу групповой термотренировки печатных узлов была составлена схема электрическая принципиальная системы управления климатом шкафа групповой термотренировки печатных узлов представлена в приложении А.

2.2 Расчет номиналов и выбор элементной базы.

От правильного выбора элементов зависит стабильность работы устройства и его эксплуатационные характеристики. Стоит отметить, что часть элементов для системы контроля климата шкафа групповой термотренировки печатных узлов располагается вне шкафа групповой термотренировки, из этого следует, что эксплуатация этих элементов производится в обычных условиях, не предъявляется особых требований.

Для того, чтобы рассчитать номиналы используемых элементов и выработать критерии их подбора, необходимо узнать, при каких значениях температуры проводятся испытания печатных плат в шкафах групповой термотренировки печатных узлов.

Методика термотренировок определяется заказчиком, так как напрямую связана с перечнем электро-радио изделий, которые будут подвергаться данному мероприятию. В данном случае, методика была составлена АО «ЧРЗ ПОЛЕТ». В данной методике предполагается тренировать печатные узлы с максимальной температурой 130 °С в течение 48 ч с возможностью изменения температуры с шагом в 5 °С.

На основе эти данных можно сформировать требования к системе контроля климата шкафа групповой термотренировки печатных узлов:

- 1) Регулировка температуры от 20 до 130 °С.
- 2) Точность измерения до 1 °С

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

- 3) Возможность задания программы температурных испытаний
- 4) Возможность изменения температуры с шагом 5 °С
- 5) Контроль времени проведения климатического испытания

К данным пунктам необходимо добавить те требования, которые были указаны в техническом задании:

- 1) Электропитание вентиляторов и воздухонагревателя шкафа групповой термотренировки: сеть переменного напряжения 220 В частотой 50 Гц.
- 2) Вентиляторы должны обеспечивать скорость воздушного потока не менее 1 м/с.

Далее для нагрева шкафа групповой термотренировки необходимо подобрать нагревательный элемент. Было решено выбрать ТЭН из нержавеющей стали с напряжением питания 220В в качестве нагревательного элемента. По заданию шкаф групповой термотренировки печатных узлов относится к технологическому оборудованию и располагается в отдельном производственном помещении, исходя из этого для расчета мощности нагревательного элемента воспользуемся следующей формулой[4]:

$$P = k * \frac{S * (T_2 - T_1)}{L}, \quad (2.1)$$

где k – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала

S – площадь поверхности шкафа групповой термотренировки

T₁ – Температура внутри шкафа групповой термотренировки

T₂ – Температура окружающей среды

L – толщина слоя теплоизоляционного материала

Площадь поверхности шкафа находится по формуле[4]:

$$S = 2LH + 2LB + 2HB, \quad (2.2)$$

где L – длина шкафа групповой термотренировки;

H – высота шкафа групповой термотренировки;

B – ширина шкафа групповой термотренировки;

Параметры шкафа групповой термотренировки было решено выбрать следующие (обоснование данному выбору будет дано в конструкторской части)

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

следующие $H=800$ мм, $L=600$ мм, $B=350$ мм; значит площадь поверхности шкафа групповой термотренировки равна:

$$S=2*0,8*0,6+2*0,6*0,35+2*0,8*0,35=1,94 \text{ м}^2.$$

Так как в данной формуле участвует коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала необходимо сразу выбрать, какой именно материал будет использован в данном изделии.

При выборе теплоизоляционного материала необходимо учитывать следующие требования:

- 1) Использовать теплоизоляционный материал, подходящий для условий эксплуатации шкафа групповой термотренировки, то есть сам материал и крепежный элемент для него должны выдерживать температуру минимум до 150 °С
- 2) Выбранный материал должен монтироваться на стенки шкафа максимально простым способом, что обеспечит легкую замену вышедших из строя его частей при проведении ремонтно-технических мероприятий и повысит технологичность изделия.

Согласно выше изложенным требованиям были проанализированы материалы, применяемы в шкафах термотренировок, а также на предприятиях. Было принято использовать теплоизоляционный материал из минеральной ваты марки «ГИЗОЛ» модель «МБОР-10Ф». МБОР представляет собой слой холста из базальтовых супертонких волокон, без связующего, прошитый вязально-прошивным способом, фольгированный с 1 стороны, на другой стороне нанесен термостойкий клей, что позволит монтировать данный материал на стенки шкафа без дополнительных крепежных деталей. Характеристики данного материала приведены в таблице 1.

Таблица 1

Теплопроводность при 125 °С	0.033 Вт/(м*К)
Поверхностная плотность	615 г/м ²
Толщина материала	10 мм

Температура применения	-200 +900
Класс пожарной безопасности	НГ

Также внешний вид данного материала изображен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Внешний вид теплоизоляционного материала МБОР-10Ф.

Далее находим коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, который указан в документации на данное изделие. Коэффициент теплопроводности данного теплоизоляционного материала составляет 0.038 Вт/м*К.

Затем необходимо максимальную рассчитать разницу температур, которую требуется поддерживать в шкафу групповой термотренировки. Для этого возьмем максимальную внутри шкафа групповой термотренировки 130 °С и минимальную температуру внутри помещения, в котором расположено изделие 0 °С. Тогда разница температур будет:

$$(T_2 - T_1) = 130 - 0 = 130$$

Подставляем полученные значения в формулу 2.1 и получаем $P = 378.2$ Вт.

Получается, что для нагрева воздуха до 130 внутри шкафа групповой термотренировки с заданными параметрами достаточно ТЭНа мощностью 380 Вт. Поэтому, для улучшения эффективности прогрева и производительности шкафа групповой термотренировки печатных узлов, было решено в виде нагревательного элемента использовать 2 ТЭНа мощностью 500 Вт каждый. Данное решение позволит, если потребуются, проводить испытания при более высоких температурах, а выход на рабочую температуру шкафа групповой термотренировки существенно сократится.

Необходимо найти ток потребления ТЭНов мощностью 1 кВт в сети 220В, для того, чтобы узнать потребуется ли дополнительные элементы для подключения ТЭНов к терморегулятору. Если ток потребления ТЭНов будет

больше тока коммутации терморегулятора, то необходимо будет поставить контактор, чтобы терморегулятор мог управлять питанием ТЭНов.

Ток потребления рассчитывается по следующей формуле[2]:

$$I = \frac{P}{U} \quad (2.3)$$

где P – суммарная потребляемая мощность ТЭНов.

U – напряжение сети

Подставим значения в формулу 2.3, получаем I=4,5 А.

Для регулирования температуры на основе вышеизложенных требований был выбран терморегулятор ИРТ-250Т. Выбор данного терморегулятора обусловлен его следующими характеристиками, взятыми из документации на данное устройство:

- 1) Диапазон измеряемых и регулируемых температур от -50 °С до +250 °С
- 2) Разрешающая способность измерения и регулирования 1 °С
- 3) Гистерезис (разность температуры между включением и выключением) — плюс-минус от 0 °С до 50,0 °С
- 4) Таймер времени поддержания температуры от 1й до 999 минут
- 5) Напряжение питания 220 В
- 6) Максимальный коммутируемый ток 40 Ампер.
- 7) Крепление на DIN рейку, занимает место эквивалентное трем стандартным токовым автоматам 53 мм.
- 8) Потребляемая мощность 50 Вт.

Терморегулятор ИРТ-250Т предназначен для поддержания температуры в заданных пределах и может использоваться как в быту, так и на производстве там, где позволяют технические и конструктивные особенности прибора. Прибор способен коммутировать мощные нагрузки (до 8 киловатт), имеет таймер отключения нагрузки по истечению заданного времени и звуковую сигнализацию окончания работы таймера. Измерение температуры воздуха внутри шкафа групповой термотренировки печатных узлов производится удаленно, так как корпус терморегулятора не предусмотрен для таких высоких

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

температур, а сигнал с датчика приходит на терморегулятор. Для данного терморегулятора используется специальный датчик удаленного измерения температуры, который идет в комплекте с самим устройством. Датчик температуры присоединяется к нему путем термостойкого провода, что упрощает монтаж и подключение данного устройства. Внешний данного терморегулятора изображен на рисунок 2.

Рисунок 2 – Внешний вид терморегулятора ИРТ-250Т с датчиком температуры.

По заданию необходимо, чтобы воздухонагреватель был оснащен защитой от перегрева. Данное требование можно выполнить при помощи термостата. Данный элемент размыкает цепь питания при достижении ТЭНов определенной температуры и замыкает цепь, когда ТЭН остыл до определенного значения. Термостат должен быть рассчитан на ток не меньше тока потребления ТЭНов, рабочее напряжение должно быть 220 В, тип термостата нормально замкнут, рабочая температура до 200 °С. Для выполнения вышеизложенных требования я подобрал термостат KSD-301, его характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2

Номинальный ток	5А
Рабочее напряжение	230 В
Допустимое отклонение	±10%
Температура срабатывания (ВЫКЛ/ВКЛ)	200 /140 °С
Тип	Нормально закрытый

Внешний вид термостата представлен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Общий вид термостата KSD-301.

В качестве автоматического выключателя было решено использовать АВВ DSH941R C16. Данное изделие было выбрано исходя из его характеристик и цены. Характеристики данного устройства представлены в таблице 3.

Таблица 3

Номинальный отключающий дифференциальный ток	30 мА
Номинальный ток	16 А
Тип выключателя	Дифференциальный автоматический выключатель
Тип монтажа	На DIN рейку

Рисунок 4 – Общий вид автоматического выключателя АВВ DSH941R C16.

По техническому заданию скорость воздушного потока должна быть не менее 1 м/с. Также вентиляторы должны питаться от сети переменного напряжения 220 В частотой 50 Гц и должны быть устойчивы к температуре до +130 °С. Относительно вышеуказанных требований был изучен каталог фирмы Schroff «Системы контроля микроклимата–19" вентиляторные» и подобран блок вентиляторов высотой 2U производительностью 500 м³/ч. Данные вентиляторы относятся к классу жаростойкие: они сохраняют свою работоспособность при температуре до 150 °С. Крыльчатки вентиляторов выполнены из алюминия, а провод питания с термостойкой изоляцией, питаются они от сети 220 В частотой 50 Гц. Подключаются вентиляторы к автоматическому выключателю согласно принципиальной схеме при помощи обжимной гильзы.

Глубина секции вентиляторов составляет 170 мм, а сами вентиляторы находятся ровно посередине ТЭНов. Такое расположение вентиляторов позволяет максимально эффективно и равномерно прогревать находящиеся в шкафу печатные узлы.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Необходимо провести расчет скорости потока после установки вентиляторов для того, чтобы проверить сможет ли данная секция обеспечить необходимую скорость потока воздуха. Для этого воспользуемся формулой[4]:

$$v = \frac{L}{3600 * S}, \quad (2.4)$$

где v – скорость потока воздуха

S – площадь поперечного сечения секции вентиляторов

L - производительность секции вентиляторов.

Эти данные возьмем из документации на данный прибор. Подставив значения в формулу (2.4), получаем $v=3,1$ м/с. Полученное значение говорит о том, что данная секция вентиляторов выполняет требования технического задания по минимальной скорости воздушного потока, а значит ее можно установить в шкаф групповой термотренировки печатных узлов.

В ситуациях, когда несколько элементов разных фирм-изготовителей удовлетворяли требованиям, выбирался элемент фирмы-изготовителя с наименьшей стоимостью в выбранном ценовом сегменте на данном ресурсе. Для подбора элементной базы использовался интернет-ресурс <https://www.chipdip.ru/>.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка корпуса шкафа групповой термотренировки печатных узлов.

Согласно техническому заданию шкаф групповой термотренировки должен быть выполнен на основе настенного шкафа серии GL66 фирмы Schroff. Настенный шкаф серии GL66 фирмы Schroff предназначен для монтажа на стену при помощи специальных креплений материал – листовая сталь класс защиты IP 66. Дверца шкафа толщиной 1,5 или 1,8 мм в зависимости от комплектации крепится на петли, обеспечивающие угол открытия до 210 градусов. В шкафу предусмотрены отверстия для крепления монтажных 19-дюймовых профилей для установки в шкаф дополнительного оборудования, также в данный шкаф может быть установлена монтажная панель для крепления на ней кронштейнов для заглубляющего монтажа. Степень защиты от попадания пыли и влаги составляет IP66 по IEC 60529, степень защиты от механических воздействий IK9 по IEC/EN62262. Производитель предлагает прагматичный набор аксессуаров к этим шкафам: помимо упомянутой уже монтажной панели в него входят набор для установки DIN-реек и кронштейны для настенного крепления. Дверь имеет замок с 3-миллиметровой вставкой для ключа с двойной бородкой.

Для разработки шкафа групповой термотренировки был выбран корпус толщиной 1,5 мм со следующими размерами: Высота – 800 мм; Ширина – 600 мм; Глубина – 350 мм, без монтажной панели. Такая конфигурация шкафа была выбрана из удобств монтирования в шкаф 19-дюймовых секций для установки печатных узлов, дополнительного оборудования в виде секции воздухонагревателей и вентиляторов. При этом необходимо понимать, что шкаф групповой термотренировки должен в как можно быстрее выходить на рабочую температуру, поэтому дальнейшее увеличение габаритов шкафа является нецелесообразным. Корпус шкафа групповой термотренировки представлен на рисунке 5.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

Рисунок 5 — Общий вид корпуса для шкафа групповой термотренировки

Данный типоразмер имеет 2 заглушки для кабельного ввода. Также корпус шкафа покрыт полимерной порошковой краской.

Для разрабатываемого изделия был заказан шкаф в сером цвете, данное условие было поставлено АО «ЧРЗ ПОЛЕТ». Покрытие изделия способно выдержать воздействие температуры до 220 °С, что удовлетворяет условиям технического задания, поэтому было принято решение не использовать дополнительное покрытие. Необходимую надпись на шкафе групповой термотренировки печатных узлов: «Осторожно. Высокая температура» нанесем краской фирмы CERTA. Было решено использовать данную краску, так как это самый дешевый и подходящий к условиям эксплуатации образец. Надпись было решено наносить черным цветом, так как он лучше всего распознается на данном фоне. Технические характеристики данной краски представлены в таблице 4

Таблица 4

Нанесение краски	Валик, кисть, краскопульт
Стойкость к перепадам температур	От -60 °С до +270 °С
Пожарные показатели	Слабогорючие (Г1), трудновоспламеняемые (В1), умеренное дымообразование (Д2), токсичность Т2.
Цвет	Черный

Внутри корпуса, с помощью крепежных деталей, идущих в комплекте, устанавливается 19-дюймовый монтажный профиль для дополнительного

оборудования, заказанный из каталога фирмы Schroff «аксессуары и принадлежности для настенных шкафов», и фиксируется через имеющиеся в шкафу отверстия винтами, далее все оборудование будет крепиться на эти монтажные кронштейны. Способ установки и общий вид шкафа с закрепленными монтажными кронштейнами изображены на рисунках 6 и 7 относительно

Рисунок 6 – Способ установки монтажных кронштейнов на стенки шкафа групповой термотренировки

Рисунок 7 – Общий вид шкафа групповой термотренировки с установленными монтажными кронштейнами без двери

Также для того, чтобы завести провода питания необходимо высверлить отверстие в кабелевводной крышке диаметром 12.5 мм. Данный диаметр необходим для установки сальника, который защитит проводники от механического повреждения и защиты самой сборки от проникновения пыли и влаги в месте ввода. Для данного шкафа решено использовать металлический сальник PGM-7. Данный сальник выбран из-за низкой стоимости. Он изображен на рисунке 8.

Рисунок 8 – Общий вид сальника PGM-7

3.2 Разработка секций для установки печатных узлов.

По требованию технического задания необходимо, чтобы в шкафу групповой термотренировки для проверки размещались печатные узлы размеров 3U и 6U.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

После детального изучения каталога каркасных модулей и блоков фирмы Schroff для более плотной и равномерной компоновки плат в шкафу групповой термотренировки было принято решение использовать субблок eurorasPRO на основе системы евромеханика (19-дюймовая система) для комбинированного размещения печатных узлов размерами 3U и 6U. Данный вариант позволит максимально выгодно использовать имеющееся пространство внутри шкафа групповой термотренировки, а также повысит его производительность и эффективность, за счет снижения массогабаритных параметров.

Все комплектующие к данному субблоку были выбраны исходя из предложений каталога Schroff. Использование именно такого состава комплектующих рельсов прописано в стандартной комплектации субблока EurorasPRO фирмы Schroff.

Так как субблок устанавливается в 19-дюймовый шкаф фирмы Schroff, то его ширина будет 84HP. Для заполнения субблока используется 16 печатных узлов высотой 3U и 8 печатных узлов высотой 6U по 5HP каждый. Из этого следует, что полезный объем субблока заполняемый модулями будет 80HP ($5HP \cdot 16 = 80HP$). Каркас разрабатываемого субблока EurorasPRO состоит из двух боковых панелей типа Heavy с приштампованными 19" кронштейнами.

Также в каркасе субблока используется 6 поперечных рельсов – это предусмотрено стандартной конструкцией субблока EurorasPRO.

Для крепления платы - объединительной используется 2 задних рельса типа H-ST, которые являются усиленными.

В качестве передних рельсов используется тип H-KD - усиленные с короткой кромкой. Такие рельсы необходимы для увеличения прочности конструкции. Каждый рельс имеет перфорацию, которая используется для направляющих.

Для комбинированного монтажа используется литая цинковая распорка, с помощью которой появляется возможность установки заднего рельса АВ и

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

переднего рельса Н-KD на определенном расстоянии от боковой стенки. Данная конструкция разделяет пространство высотой 6U на две области высотой 3U.

Для крепления задней панели и модулей в горизонтальные рельсы типа Н-ST и Н-KD устанавливаются рейки с резьбовыми отверстиями.

Для фиксации в горизонтальных рельсах и правильной ориентации вставных модулей, используются направляющие длиной 160 мм.

Состав субблока:

- 1) Боковая стенка тип Н, 6U, алюминий - 2 шт.;
- 2) Горизонтальный рельс, передний (Н-KD), 84НР – 2 шт.;
- 3) Горизонтальный рельс, задний (Н-ST), 84НР- 2 шт.;
- 4) Горизонтальный рельс, средний (ST), 42НР - 1 шт.;
- 5) Горизонтальный рельс, средний (АВ), 40НР - 2 шт.;
- 6) Горизонтальный рельс, передний (Н-KD), 40НР - 2 шт.;
- 7) Литая цинковая распорка - 2 шт.;
- 8) Передняя панель 6U 12НР - 1 шт.;
- 9) Передняя панель 3U 10НР - 2 шт.;
- 10) Рейка с резьбовыми отверстиями, 84НР - 6 шт.;
- 11) Рейка с резьбовыми отверстиями, 42НР - 2 шт.;
- 12) Рейка с резьбовыми отверстиями, 40НР - 2 шт.;
- 13) Угловой профиль - 2 шт.;
- 14) Направляющая печатных плат - 36 шт.;
- 15) Винт Torx с полупотайной головкой М4х14 - 15 шт.;
- 16) Винт Torx с полупотайной головкой М2,5х10 - 25 шт.;
- 17) Винт Torx с полупотайной головкой М2,5х7 - 18 шт.;

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

18) Винт Torx с шейкой, головка с накладкой M2,5x11 - 6 шт.;

Общий вид секций шкафа групповой термотренировки для установки печатных узлов представлен на рисунках 9 и 10.

Рисунок 9 — Общий вид секции шкафа групповой термотренировки без направляющих для установки печатных узлов

Рисунок 10 — Общий вид секции шкафа групповой термотренировки с установленными печатными узлами

3.3 Разработка секции воздухонагревателя.

По техническому заданию электропитание воздухонагревателя должно осуществляться от сети переменного напряжения 220 В частотой 50 Гц. Нагрев шкафа групповой термотренировки печатных узлов будет обеспечиваться нагревательными элементами под названием ТЭН питающимся от сети 220В частотой 50 Гц. Для более равномерного нагрева решено использовать 2 одинаковых ТЭНа. ТЭНы будут крепиться на боковые монтажные панели, заказанные из каталога Schroff высотой 3U и глубиной 272.5 мм. В данных панелях сверлятся отверстия диаметром 14,5 мм с на расстоянии 60 мм затем в эти отверстия устанавливаются ТЭНы и фиксируются гайками с обеих сторон. Сами нагревательные элементы выполнены из нержавеющей стали. Далее был разработан чертеж ТЭНов, по которому они были изготовлены Челябинской фирмой «ЛЕО КОМПЛЕКТ». Общий вид ТЭНа представлен на рисунке 11. Чертеж ТЭНа представлен в приложении Л.

Рисунок 11 — Общий вид ТЭНа

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Также для минимизации длины проводников внутри шкафа групповой термотренировки было принято решение изготовить 2 перемычки. Первая - для замыкания контактов 2 ТЭНов с одной стороны. Зафиксировать ее 2 шайбами и 2 гайками с каждой стороны, как показано на рисунке 12.

Рисунок 12 —Крепление первой перемычки ТЭНов.

Затем соединяем контакты термостата ТЭНа с помощью медного провода обжатого 2 клеммами: со стороны термостата клемма типа «ножны», со стороны ТЭНа – кольцевая, на ТЭН она закрепляется между 2 гаек, а на термостате – надевается на контакт и обжимается. Данный способ показан на рисунке 13.

Рисунок 13 —Соединение контактов термостата и ТЭНа.

Далее по техническому заданию требуется, чтобы воздухонагреватель был оснащен защитой от перегрева, выше описано, что данная защита реализуется путем установки термостата. На боковую монтажную панель между в пространство между ТЭНами. В монтажной панели сверлится 2 отверстия диаметром 2.2 мм на расстоянии 28 мм на одной оси с отверстиями для ТЭНов, затем, используя теплопроводную пасту, смазываем корпус термостата и плотно прижимаем его винтами к корпусу монтажной панели, как показано на рисунке 14. Для фиксации ТЭНов в монтажных панелях используем гайки с обеих сторон.

Рисунок 14 — Вид ТЭНов со стороны термостата

Рисунок 15 —Общий вид системы воздухонагревателя

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

3.4 Компоновка шкафа групповой термотренировки печатных узлов.

Компоновка является частью процесса конструирования, во время которого определяется взаимное расположение отдельных узлов и деталей. От качества компоновки в значительной мере зависят технические, технологические, эксплуатационные характеристики изделия, а также надежность и ремонтпригодность.

При компоновке шкафа групповой термотренировки учитывались следующие параметры: габариты корпуса шкафа групповой термотренировки, минимальная длина цепей электрической коммутации, высокая ремонтпригодность, эргономичность и эффективность изделия.

Основными конструктивными частями шкафа групповой термотренировки являются: корпус, секции для установки печатных узлов, секция воздухонагревателей, секция вентиляторов.

Монтируем секции для установки печатных на высоте 10U. Данное расположение способствует более равномерному прогреву всей секции и снижает риски получить термоудар в случае выхода из строя термостата.

Далее устанавливаем секцию воздухонагревателей на высоте 4U, так как необходимо оставить место снизу для вентиляторов и обеспечить свободный доступ к ТЭНам, крепежным элементам и термостату, для удобства монтажа и проведения ремонтно-технических мероприятий.

Секцию вентиляторов устанавливаем на высоте 1U, так как необходимо оставить немного места внизу для воздухозабора, что позволит более равномерно перемешивать воздух внутри шкафа.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

С учетом выше изложенных параметров, выполним компоновку шкафа групповой термотренировки печатных узлов, как показано на рисунке 16

Рисунок 16 — Компоновка шкафа групповой термотренировки без двери.

Затем необходимо выполнить размещение терморегулятора и автоматического выключателя с встроенным устройством защитного отключения. Данные устройства будут располагаться снаружи шкафа. Так как оба изделия монтируются простым способом: на DIN рейку, то было принято решение приобрести щит распределения вместимостью 5 модулей марки ИЕК. Изображение данного изделия показано на рисунке 17.

Рисунок 17 — Щит ЩРН-5з-1 .

В данный щит устанавливаются терморегулятор и автоматический выключатель, затем от них выходит медный провод площадью поперечного сечения $1,5 \text{ мм}^2$ в термостойкой изоляции заходит в шкаф через отверстие в кабелевводной крышке шкафа, затем внутри шкафа провод крепится металлическими стяжками к монтажному кронштейну, затем необходимо подключить ТЭНы и термостат, как показано на принципиальной электрической схеме устройства. Сечение провода выбрано согласно правилам устройства электроустановок.

Длина, способ и места крепления снаружи провода питания ТЭНов будут определяться по месту установки шкафа групповой термотренировки техническим персоналом АО «ЧРЗ ПОЛЕТ».

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработан шкаф групповой термотренировки печатных узлов. Данное устройство используется для отбраковывания потенциально ненадежных РЭА путем длительного и направленного воздействия высокой температуры.

Требования технического задания выполнены в полном объеме. Электропитание вентиляторов и воздухонагревателя шкафа групповой термотренировки осуществляется от сети переменного напряжения 220 В частотой 50 Гц. Изделие имеет УХЛ вид климатического исполнения и 4 категорию размещения по ГОСТ 15150-69. Покрытие шкафа (полимерная порошковая краска) устойчиво к воздействию температуры от -50 °С до +130 °С.

Шкаф групповой термотренировки выполнен на основе настенного шкафа серии GL66 фирмы Schroff с габаритами 800x600x350. В изделие установлена секция для размещения печатных узлов размера 3U и 6U. Защита воздухонагревателя от перегрева обеспечивается термостатом, установленным на монтажной панели вблизи воздухонагревателя. Внутренние поверхности шкафа покрыты теплоизоляционным материалом МБОР-10Ф, а на внешней поверхности шкафа нанесена маркировка: «Осторожно. Высокая температура» термостойкой краской фирмы CERTA цвет черный.

В ходе работы оформлен чертёж корпуса, разработаны секции для установки печатных узлов и воздухонагревателя выполнены их сборочные чертежи.

Создана трехмерная модель шкафа групповой термотренировки печатных узлов, что ускорило процесс выполнения чертежей.

Разработан комплект графического материала, который содержит: плакат с общим видом шкафа групповой термотренировки печатных узлов. Разработаны плакаты со сборочными чертежами самого изделия, а также секции для установки печатных узлов и секции воздухонагревателя. Разработана принципиальная электрическая схема всей системы контроля климата шкафа групповой термотренировки печатных узлов, произведен расчет номиналов всех элементов и осуществлен их подбор и установка в корпус изделия.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гелль П. Конструирование радиоэлектронной аппаратуры — Ленинградское отделение «Энергия», 1972. — 229 с.: ил.
2. Ненашев А. Конструирование радиоэлектронных средств. — М.: Высшая школа, 1990. — 432 с.: ил.
3. Анурьев В. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – 8-е изд. И доп. Под ред. И.Н. Жестковой. — М.: Машиностроение, 2001. — 920 с.: ил.
4. Дзюзер, В. Я. Теплотехника и тепловая работа печей: учебное пособие/Дзюзер — В.А.Санкт-Петербург: Издательство Лань.
5. Кудрин Л.П. Конструкторско-технологические параметры печатных плат: учебное пособие / Л.П. Кудрин. — Челябинск: издательский центр ЮУрГУ, 2014. — 11 с.
6. ГОСТ 23592—96. Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Общие требования к объемному монтажу изделий электронной техники и электротехнических.
7. Дульнев Г.Н., Тарановский Н.Н. Тепловые режимы электронной аппаратуры
— Ленинград: Энергия, 1971. — 248 с.: ил.
8. ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия, М.: Издательство стандартов, 1991.
9. ГОСТ 9.303-84 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору, М.: Стандартиформ, 2008.

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Система управления климатом шкафа групповой термотренировки

Схема электрическая принципиальная

110303.2018.150.01.00 ЭЗ

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Система управления климатом шкафа групповой термотренировки

Перечень элементов

110303.2018.150.01.00 ПЭЗ

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Шкаф групповой термотренировки печатных узлов

Общий вид

110303.2018.150.05.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Шкаф групповой термотренировки печатных узлов

Сборочный чертеж

110303.2018.150.02.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Шкаф групповой термотренировки печатных узлов

Спецификация

110303.2018.150.02.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Секция воздухонагревателя

Сборочный чертеж

110303.2018.150.03.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Секция воздухонагревателя

Спецификация

110303.2018.150.03.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Секция для размещения печатных узлов

Сборочный чертеж

110303.2018.150.04.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Секция для размещения печатных узлов

Спецификация

11.03.03.2018.150.04.00

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Габаритный чертеж ТЭНа

11.03.03.2018.150.03.01 ГЧ

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Чертеж монтажной панели ТЭНа

11.03.03.2018.150.03.02

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Чертеж переемычки контактов ТЭНов

11.03.03.2018.150.03.03

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

					11.03.03.2018.150.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

