

ISSNO 202-3205

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский государственный университет путей сообщения

(МИИТ)

Кафедра вагонов и вагонного хозяйства

УТВЕРЖДЕНО
редакционно-издательским
советом университета

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

по дисциплине
«Электрическое оборудование пассажирских вагонов,
его ремонт и эксплуатация»

ВЫБОР ОСНОВНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТИ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

МОСКВА 1996 г.

УДК 629.45:629.1.066
(В-58)

Выбор основного электрооборудования и сети электроснабжения пассажирских вагонов: Методические указания к курсовой работе/ В.А. Власов, А.А. Реморов, В.В. Соломатин, Е.Т. Чернов. -М: МИИТ, 1996 г.-65с.

Данные методические указания содержат минимально необходимые сведения по методике выбора и расчета электрооборудования и элементов системы электроснабжения вагонов, справочные данные.

© Московский государственный
университет путей сообщения
(МИИТ), 1996

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Краткая характеристика электрооборудования пассажирских вагонов.	6
1.1. Системы электроснабжения вагонов.....	7
1.2. Освещение вагонов.....	10
1.3. Вентиляция вагонов.....	11
1.4. Отопление вагонов.....	12
1.5. Системы охлаждения вагонов.....	14
2. Расчет мощности основных потребителей электроэнергии вагона.	16
2.1. Система вентиляции вагона.....	16
2.2. Отопление вагонов.....	17
2.3. Система охлаждения воздуха в вагоне.....	19
2.4. Выбор двигателей по каталогу.....	21
2.5. Освещение вагонов.....	25
2.5.1. Определение мощности осветительной нагрузки методом коэффициента использования светового потока.....	25
2.5.2. Определение мощности осветительной нагрузки методом удельной мощности.....	30
3. Определение расчетных нагрузок.....	31
4. Определение пиковых токов.....	37
5. Определение мощности источника электроэнергии вагона..	38
6. Выбор сечения проводов и жил кабелей	39
7. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры.....	43
7.1. Предохранители.....	43
7.2. Автоматические выключатели.....	43
7.3. Контактры.....	46
8. Оформление курсовой работы.....	47
9. Варианты заданий по выбору основного электрооборудован-	

ия вагонов.....	60
10. Варианты заданий по ремонту электрооборудования.....	62
Список литературы.....	65

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко распространено применение кондиционирования воздуха, электрического отопления, люминесцентного освещения и автоматической вентиляции. Это привело к значительному усложнению электрического оборудования пассажирских вагонов. Современный пассажирский вагон представляет собой весьма сложный агрегат с разнообразным электрооборудованием, большим числом аппаратов и приборов, значительной длиной распределительных электрических сетей. Общая мощность системы электроснабжения вагона колеблется от 4,5 до 50 кВт, напряжение - от 50 В до 3000 В постоянного или однофазного переменного тока. Это сложное электрооборудование должно надежно и безотказно работать, обеспечивая пассажирам полную безопасность, комфорт и удобства.

Работа вагонного электрооборудования имеет ряд характерных особенностей. Она проходит в условиях вибрации, изменяющейся по величине и времени при изменении скорости движения поезда от 0 до 160 км/ч. Часто это оборудование работает в резко переменном температурном режиме, при воздействии атмосферных осадков, пыли, потока воздуха (подвагонное оборудование), конденсата и влаги. Из-за большой стесненности и ограничения возможности удобного расположения осмотр аппаратуры и машин значительно затруднен; кроме того вагоны обычно эксплуатируются вдали от ремонтных баз, но в то же время от электрооборудования требуется повышенная надежность и безопасность работы.

На железных дорогах России эксплуатируются пассажирские вагоны, построенные на отечественных и зарубежных заводах.

Хотя принципиально схемы электрооборудования однотипных вагонов этих заводов не отличаются между собой, их конструктивное выполнение применяемое оборудование различны. Отдельные узлы, машины, аппараты и даже провода изготавливаются по стандартам соответствующих стран и имеют свои особенности.

На сети российских железных дорог эксплуатируются следующие основные типы пассажирских вагонов:

- некупированные (открытые) вагоны Тверского вагонстроительного завода, оборудованные системой электроснабжения ЭВ-10.02;

- некупированные межобластного сообщения;
- купированные вагоны без и с кондиционированием воздуха.

Электрические схемы вагонов представляют собою определенные комбинации включения источников электроэнергии с потребителями, которыми являются:

- электродвигатели систем вентиляции, кондиционирования, отопления и водоснабжения;
- электронагревательные приборы;
- сеть освещения;
- аппаратура управления указанных групп потребителей.

В вагонах без кондиционирования воздуха обычно имеются электродвигатели для привода вентилятора, циркуляционного насоса отопления, водяного насоса калорифера, компрессора холодильного шкафа, преобразователя люминесцентного освещения, преобразователя для электроснабжения переменным током радиоузла.

На вагонах с кондиционированием воздуха имеются также электродвигатели компрессора и вентилятора конденсатора.

Таким образом, электрооборудование вагона - это достаточно сложная система. Отчетливое представление о ее работе, и тем более расчете и выборе ее отдельных элементов, возможно только в результате изучения большого объема специальной литературы, как по общим техническим вопросам, так и по специфике выбора и расчета электрооборудования.

Для облегчения выполнения студентам курсовой работы и составлены данные методические указания, содержащие минимально необходимые сведения по методике выбора и расчета электрооборудования и элементов системы электроснабжения вагона, справочные данные.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ.

На железных дорогах России большая часть пассажирских вагонов имеет собственные источники электрической энергии: генератор и аккумуляторную батарею. В последние годы в связи с ростом мощности установленного в вагонах электрооборудования более широко стало применяться централизованное электроснабжение.

1.1. Системы электроснабжения вагонов.

Существующие системы электроснабжения пассажирских вагонов в зависимости от расположения источников электрической энергии и их использования делятся на основные группы: системы автономного и централизованного электроснабжения. Применение той или иной системы обусловлено потреблением энергии в пассажирских вагонах и скоростью их движения. Значения суммарной мощности, приходящейся на один вагон при наличии на нем различных электрических потребителей следующие: сеть освещения, электробытовые приборы, цепи сигнализации и управления 2,5 - 4 кВт; сеть освещения, электробытовые приборы, электрокипятильник, цепи сигнализации и управления, система принудительной вентиляции 6,5 - 10 кВт; сеть освещения, электробытовые приборы, электрокипятильник, цепи сигнализации и управления, система принудительной вентиляции и установка для охлаждения воздуха 20 - 30 кВт; сеть освещения, электробытовые приборы, электрокипятильник, цепи сигнализации и управления, система принудительной вентиляции, установка для охлаждения воздуха и электрическое отопление 30 - 50 кВт.

Следовательно, по мере оснащения пассажирских вагонов различным электрооборудованием значительно возрастает мощность электрических потребителей вагона, что требует соответственного увеличения мощности системы электроснабжения.

В пассажирском вагоне с системой АВТОНОМНОГО электроснабжения имеются собственные источники электрической энергии (генератор и аккумуляторная батарея), обеспечивающие питание потребителей электроэнергии при движении и на стоянках, генератор приводится во вращение от оси колесной пары вагона с помощью специального привода. При движении поезда вращение передается от колесной пары генератору, который вырабатывает электрическую энергию. В вагонах без кондиционирования воздуха мощность генератора обычно не превышает 10 кВт, а в вагонах с кондиционированием она достигает 20 - 30 кВт.

Существуют различные варианты рассматриваемой системы с генераторами постоянного и переменного токов разной мощности: с генератором постоянного тока с параллельным или смешанным возбуждени-

ем и с индукторным генератором переменного тока и полупроводниковым выпрямителем.

Как резервный и аварийный источник энергии используется аккумуляторная батарея, которая питает основные потребители вагона при неработающем генераторе (при его неисправности, на стоянке, а также при малой скорости движения поезда).

Кроме того, аккумуляторная батарея воспринимает пики нагрузки, возникающие при одновременном включении нескольких потребителей большой мощности, пуске электрических двигателей, кратковременных перегрузках и др. Это позволяет уменьшить потребную мощность генератора, а следовательно, его габаритные размеры и массу.

Основным преимуществом системы электроснабжения с приводом генератора от оси колесной пары является то, что питание электрических потребителей в каждом вагоне не зависит от внешних источников электрической энергии. Вследствии этого обеспечивается высокая эксплуатационная маневренность пассажирских вагонов (возможность передачи вагонов из одного поезда в другой и их отцепки от локомотива и от поезда без нарушения нормального электроснабжения других вагонов, легкость переформирования поездов и т.д.) Автономная система электроснабжения обеспечивает также резервирование электроснабжения. В случае выхода из строя собственного генератора электрическую сеть вагона можно подключить к сети соседнего вагона.

Однако индивидуальная система имеет серьезные недостатки. Главные из них - большая масса и недостаточная надежность электрооборудования, обусловленная наличием коллекторных электрических машин постоянного тока, повышенные эксплуатационные расходы на содержание и ремонт электрооборудования.

Увеличение установленной мощности электрооборудования от 3-4 до 60-70 кВт на современных вагонах привело к тому, что индивидуальные генераторы не в состоянии обеспечить электроэнергией всех потребителей вагона. Поэтому наряду с усовершенствованием индивидуальной системы электроснабжения все шире начинает применяться централизованная и смешанная системы электроснабжения.

Централизованная система электроснабжения предусматривает питание потребителей электроэнергии всех вагонов поезда от одного или нескольких источников электроэнергии, расположенных в специ-

альном вагоне-электростанции или на локомотиве.

На электрифицированных железных дорогах электроэнергия может быть получена непосредственно из контактной сети или от электровоза. При движении поезда по неэлектрифицированным участкам электроэнергию вагоны получают от тепловоза или вагона-электростанции.

Централизованное электроснабжение позволяет выполнить систему на переменном токе напряжением 380 В. Электрооборудование переменного тока работает более надежно, оно легче, меньше по габаритам и дешевле, особенно электрооборудование трехфазного переменного тока. Аккумуляторные батареи могут быть выбраны меньшей емкости и иными, так как они обеспечивают электроэнергией потребителей вагона только во время смены локомотива, что происходит не часто и требует не более 10-15 мин.

Централизованная система электроснабжения пассажирских вагонов может иметь следующие исполнения.

1. Источник трехфазного переменного тока частотой 50 Гц стандартного напряжения находится на локомотиве или в специальном вагоне-электростанции. Электроэнергия в вагоны передается по трехфазной подвагонной магистрали. Недостатком этой системы является повышенный расход меди на прокладку подвагонной магистрали, так как номинальное напряжение в сети в этом случае относительно невысокое (220/380 В) из-за применения стандартного электрооборудования.

2. Источник постоянного или однофазного переменного тока напряжением 3000 В на локомотиве или 3000 В - напряжение контактной сети электрифицированных железных дорог постоянного тока. Напряжение 3000 В переменного тока также может быть сравнительно просто получено на электровозах переменного тока.

В этой системе электроэнергия передается в вагоны по высоковольтной магистрали. Так как освещение, бытовые приборы, аппараты управления не могут быть высоковольтными, то вагоны оборудуются индивидуальными преобразователями.

С помощью преобразователей, установленных на вагонах, высоковольтный постоянный или однофазный ток преобразуется в трехфазный частотой 50 Гц стандартного напряжения. Если после преобразователя установить выпрямительное устройство, то в сеть электрообору-

дования вагона будет подано напряжение постоянного тока.

Наличие на каждом вагоне относительно сложного одного или нескольких преобразователей является недостатком системы.

3. На локомотивах находятся два источника: постоянного или переменного токов напряжением 3000 В и трехфазного переменного тока частотой 50 Гц стандартного напряжения.

Электроэнергия передается в вагон по двум подвагонным магистралям - высоковольтной для питания приборов отопления и низковольтный - для питания остального оборудования. Недостатком системы является наличие двух подвагонных магистралей.

Централизованная система электроснабжения пассажирских вагонов более экономична, чем индивидуальная.

Наибольшее распространение на наших железных дорогах получила система первого исполнения.

Смешанная система электроснабжения находит в настоящее время все большее применение. При этом пассажирский вагон имеет как высоковольтную магистраль, так и индивидуальный генератор. Энергоемкое электрооборудование - приборы электроотопления - получают питание от магистрали, остальное низковольтное электрооборудование - от генератора.

Смешанная система электроснабжения наиболее целесообразна при использовании на вагоне электроводяного отопления.

1.2. Освещение вагонов.

Для освещения вагонов применяются как лампы накаливания, так и люминесцентные лампы.

По сравнению с лампами накаливания применение люминесцентных ламп позволяет обеспечить более высокий уровень освещенности помещений вагона, поскольку люминесцентные лампы имеют большую светотдачу.

В некоторых наиболее комфортабельных вагонах люминесцентные лампы практически вытеснили лампы накаливания. Примером может служить мягкий вагон типа 23С постройки завода имени Егорова. В вагонах этого типа осветительные приборы и светильники софитов обо-

рудованы специальными люминесцентными лампами.

Опыт эксплуатации позволил наметить наиболее рациональную схему освещения пассажирских вагонов. Для освещения служебных и пассажирских помещений (купе, салоны, отделения) применяются люминесцентное освещение. Остальные помещения вагона (тамбуры, туалеты, коридоры, котельное отделение и др.) освещаются лампами накаливания.

Лампы накаливания одинаково хорошо работают как на постоянном, так и на переменном токе. Люминесцентные лампы работают более надежно и экономично при питании их переменным током повышенной частоты. По этой причине они питаются от преобразователей. Наибольшее распространение получили электромагнитные преобразователи. На зарубежных вагонах, поставленных к нам по импорту, в светильники встроены полупроводниковые преобразователи.

Наряду с основным освещением помещений вагонов применяется АВАРИЙНОЕ освещение лампами накаливания, которые располагаются в тех же светильниках, что и лампы основного освещения. При выходе из строя основного освещения автоматически включается аварийное.

Для повышения комфортабельности в вагонах предусмотрено ночное освещение. Оно обеспечивается либо специальными синими лампами накаливания, встроенными в светильники с люминесцентными лампами и лампами аварийного освещения. В последнем случае две лампы накаливания включаются последовательно. Лампы горят при этом в полнакала, не мешают сну пассажиров и в тоже время обеспечивают минимальный уровень освещенности.

В пассажирских вагонах применяется также местное освещение. Это настольные и настенные светильники - софиты. Благодаря местному освещению достигается более равномерное освещение пассажирских помещений, повышается комфорт.

1.3. Вентиляция вагонов.

Все цельнометаллические вагоны имеют приточную принудительную вентиляцию. Наружный воздух при этом прежде чем он будет подан в вагон очищается от пыли и подогревается или охлаждается в зависимости от времени года. Только естественная вентиляция в настоящее

время не применяется, так как она не удовлетворяет требованиям санитарно-гигиенических норм.

Наружный воздух нагнетается в вагон с помощью центробежных вентиляторов, приводимых во вращение электродвигателем. Центробежные вентиляторы при меньшей собственной массе и меньших размерах по сравнению с вентиляторами других типов позволяют получить требуемый напор. Вентиляционный агрегат находится в тамбуре котлового конца вагона между потолком и крышей вагона. Поскольку это помещение имеет небольшие размеры и разместить один вентилятор необходимой производительности не представляется возможным, вентиляционный агрегат, как правило, состоит из двух спаренных центробежных вентиляторов, роторы которых посредством муфт присоединяются к двум концам вала электродвигателя. Чтобы иметь возможность регулировать производительность вентиляторов при двигателях трехфазного переменного тока последние выбираются многоскоростными.

От вентиляторов воздух по воздуховоду подается в вагон. Воздуховод расположен между крышей и потолком вагона и проходит по всей его длине. В начале воздуховода располагается водяной калорифер, если вагон имеет водяное или электроводяное отопление. В вагонах с кондиционированием воздуха в воздуховоде расположен также воздухоохладитель (или испаритель).

В зависимости от времени года функции вентиляторов изменяются. В зимний период эксплуатации вагона это будут вентиляторы воздухоподогревателя (калорифера), а в летний - вентиляторы воздухоохладителя, если вагон имеет кондиционирование воздуха. В летнее время подогрев воздуха не нужен. И если вагон не имеет системы кондиционирования воздуха, то вентиляторы выполняют функции вентиляторов нагнетательной вентиляции вагона.

1.4. Отопление вагона.

Отопительные устройства вагона предназначены для компенсации потерь тепла, возникающих из-за разницы температур между холодным наружным воздухом и воздухом внутри вагона, а также для подогрева подаваемого в вагон системой вентиляции холодного наружного воздуха.

Наибольшее распространение получила конвекционно-циркулярная система отопления вагонов. При этой системе наружный воздух подогревается калорифером до температуры, равной температуре внутри вагона, и подается в вагон подогретым. Потеря тепла через стены вагона, на инфильтрацию (потери тепла при открывании дверей, окон) и другие потери компенсируются нагревательными элементами печей, расположенных внутри вагона.

Конструкция отопительных устройств определяется видом энергии, используемой для отопления.

Очень широко применяется система индивидуального водяного отопления вагонов. Вагон имеет котел, который работает на твердом топливе. Вода, нагретая в котле, по трубам поступает в калорифер и приборы отопления, расположенные в вагоне вдоль боковых его стен. Циркуляция воды может быть естественной, чаще принудительной. В последнем случае для циркуляции воды в вагоне имеется циркуляционный насос с электродвигателем. Индивидуальная система одинаково работает как при движении вагона, так и на стоянках, в том числе и длительных, когда вагон отцеплен. Невысокая температура труб и приборов отопления исключает подгорание пыли, появления неприятного запаха. Высокая теплоемкость воды при прекращении топки котла, например при его ремонте, обеспечивает медленное снижение температуры внутри вагона. Система индивидуального водяного отопления проста, безопасна и надежна в работе.

Недостатком этой системы является необходимость иметь топливо на вагоне. Для периодического его пополнения требуется организация баз снабжения вагонов топливом в пути следования. Масса системы водяного отопления относительно большая. Это мешает снижению тары всего вагона. Весьма сложной задачей является автоматизация этой системы отопления.

Электроводяное отопление. При этой системе вода в котле нагревается высоковольтными электронагревательными элементами, вмонтированные в водяную рубашку котла. При отсутствии источника электроэнергии котел работает на твердом топливе.

Электроводяное отопление вагонов весьма универсально. Вагоны с этой системой отопления могут эксплуатироваться как на электрифицированных железных дорогах, так и на неэлектрифицированных.

цированных, так и неэлектрифицированных железных дорогах. В настоящее время практически все вагоны оборудуются комбинированными котлами, т.е. системой электроводяного отопления.

Широкое применение находит электрическое отопление пассажирских и грузовых вагонов, вагонов пригородных электропоездов.

По сравнению с индивидуальным водяным и электроводяным электрическое отопление проще в обслуживании, легко автоматизируется, масса приборов электрического отопления меньше. При электрическом отоплении исключается тяжелый труд проводников вагона, улучшаются санитарные условия, освобождается котловое помещение, уменьшается тара вагона.

Приборы электрического отопления, однако, являются самыми энергоемкими потребителями вагона. Их мощность достигает 50 кВт. Поэтому электрическая система отопления применяется лишь при централизованном электроснабжении вагонов. При этом приборы электрического отопления могут получать электроэнергию следующим образом:

- а) на железных дорогах, электрифицированных на постоянном токе, непосредственно от контактной сети через пантограф электровоза;
- б) на железных дорогах, электрифицированных на переменном токе, от специальной обмотки тягового трансформатора электровоза напряжением 3000 В;
- в) от электрического генератора, установленного на тепловозе;
- г) от дизель-электрических генераторов, установленных в специальном вагоне-электростанции.

Серьезным недостатком электрического отопления является повышенная электроопасность. Высоковольтные электрические печи распределяются по всем помещениям вагона, и доступ к ним пассажиров не исключен.

1.5. Системы охлаждения воздуха.

Значительная часть современных пассажирских вагонов имеет систему кондиционирования воздуха. Кондиционирование воздуха - это комплекс мероприятий, включающих вентиляцию и отопление вагона,

подогрев подаваемого при вентиляции в вагон воздуха в холодное время года, охлаждение подаваемого в вагон воздуха в летний период эксплуатации. В ряде случаев производится дополнительное осушение или увлажнение воздуха. Цель этих мероприятий - создание внутри вагона заданного микроклимата.

Для охлаждения воздуха на вагонах применяют компрессорные холодильные установки с электроприводом, хладагентом в которых являются фреон или хладон.

Холодильная установка состоит из компрессора, конденсатора, испарителя, терморегулирующего вентиля, вентиляторов конденсатора и испарителя.

Воздух вентилятором системы вентиляции вагона подается в воздухопровод. Между вентилятором и воздухопроводом расположены испаритель (воздухоохладитель), каплеотделитель и калорифер (водяной при водяном и электрический при электрическом отоплении вагона).

Около 75% воздуха, поступающего в воздухопровод, забирается из вагона через рециркуляционный канал, заборная решетка которого находится в потолке коридора. Остальная часть воздуха - наружный воздух

Жидкий фреон поступает в испаритель (воздухоохладитель) (ИВ), кипит при температуре - 30°C и отбирает тепло от продуваемого вентилятором воздуха. ИВ представляет собой батарею, выполненную из ребристых медных или стальных оцинкованных труб. Воздух, подаваемый в вагон, охлаждается. Пары фреона отсасываются компрессором, приводимым во вращение электродвигателем, сжимаются (до 12-15 кгс/см² и нагнетаются в конденсатор. Здесь они конденсируются за счет охлаждения их воздухом, продуваемым через батарею конденсатора вентилятором. Жидкий фреон собирается в ресивере и по трубопроводу поступает в фильтросушильный аппарат. Далее он направляется в воздухоохладитель через дросселирующее устройство, которое понижает давление фреона до давления испарения. Затем цикл работы холодильной установки повторяется.

В воздухоохладителе вместе с охлаждением происходит и осушение воздуха за счет конденсации паров влаги, содержащихся в теплом воздухе, при его контакте с холодными трубами и ребрами. Попадание капель воды в воздухопровод предотвращается каплеотделителем.

Воздухоохладитель, как указывалось выше, располагается в воздуховоде в пространстве между крышей и потолком котлового конца вагона. Компрессорный и конденсаторный агрегаты размещаются под вагоном. Все агрегаты функционально связаны в общую систему, режим которой задается, как правило, вручную. Управление же холодильной системой в заданном режиме осуществляется системой автоматики и контролируются с помощью датчиков температуры, которые устанавливаются в различных частях вагона.

2. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ОСНОВНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВАГОНА.

Основными потребителями электроэнергии вагона подлежащими расчету, являются электродвигатель вентилятора общей вентиляции вагона, электродвигатели системы охлаждения воздуха, система освещения вагона.

Ниже дается методика расчета их мощности.

2.1. Система вентиляции вагона

Мощность электродвигателя вентилятора (кВт) определяется исходя из условия его длительной работы с максимальной производительностью:

$$P_{\text{вв}} = \frac{K_{\text{вв}} \cdot Q_{\text{вв}} \cdot H_{\text{вв}}}{0,102 \cdot \eta_{\text{вв}}}, \quad (2.1)$$

где $K_{\text{вв}} = 1,25 \div 1,5$ - коэффициент запаса;
 $Q_{\text{вв}}$ - подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $H_{\text{вв}}$ - напор вентилятора, м.вод.ст.;
 $\eta_{\text{вв}} = 0,6 \div 0,7$ - КПД вентилятора.

Пример. Определить мощность двигателя вентиляции вагона. Расчетная подача вентилятора $Q_{\text{вв}} = 1,4 \text{ м}^3/\text{с}$; суммарный напор $H_{\text{вв}} = 40 \cdot 10^{-3}$ м.

Принимаем коэффициент запаса $K_{\text{вв}} = 1,25$; к.п.д. вентилятора $\eta_{\text{вв}} = 0,6$.

$$P_{\text{вв}} = \frac{K_{\text{вв}} \cdot Q_{\text{вв}} \cdot H_{\text{вв}}}{0,102 \cdot \eta_{\text{вв}}} = \frac{1,25 \cdot 1,4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{0,102 \cdot 0,6} = 1,14 \text{ кВт}.$$

2.2. Отопление вагонов

При электрическом отоплении отдельно рассчитывается мощность электрокалорифера и электропечей, поскольку они выполняют различные функции и образуют самостоятельные узлы системы отопления.

Мощность электрокалорифера (кВт) определяется выражением:

$$P_{\text{эк}} = V_{\text{пз}} \cdot n_{\text{п}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вз}} - t_{\text{нз}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

где $V_{\text{пз}}$ - норма подачи наружного воздуха на одного пассажира в зимний период, $\text{м}^3/\text{с}$;

$n_{\text{п}}$ - расчетное количество пассажиров в вагоне, чел;

$c_{\text{в}} = 1220 \text{ Дж}/\text{м}^3$;

$t_{\text{вз}}$ - температура воздуха внутри вагона в зимний период его эксплуатации;

$t_{\text{нз}}$ - температура наружного воздуха в зимний период эксплуатации вагона.

Мощность электропечей (кВт)

$$P_{\text{еп}} = K_{\text{и}} \cdot K_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вз}} - t_{\text{нз}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

где $K_{\text{и}} = 1,1$ - коэффициент инфильтрации, зависящий от частоты и продолжительности открывания дверей в зимнее время года;

$F_{\text{в}} = 270,5 \text{ м}^2$ - площадь поверхности кузова вагона, через которую происходит рассеивание тепла в окружающую среду;

$K_{\text{в}} = 1,3 - 1,35 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ - средний коэффициент теплопередачи вагона с учетом нарушения плотности конструкции, усадки и увеличения влажности теплоизоляционного материала.

При водяном отоплении с комбинированным котлом все теплотери должны компенсироваться электронагревателями котла отопления, поэтому мощность электронагревателей (кВт) определяется формулой

$$P_{\text{эн}} = P_{\text{эк}} + P_{\text{еп}} = (K_{\text{и}} \cdot K_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} + V_{\text{пз}} \cdot n_{\text{п}} \cdot c_{\text{в}}) \cdot (t_{\text{вз}} - t_{\text{нз}}) \cdot 10^{-3} \quad (2.4)$$

Для улучшения циркуляции горячей воды в водяном калорифере и трубах отопления в пассажирских вагонах применяют центробежные

насосы отопления с электроприводом.

Мощность электродвигателя насоса отопления (кВт)

$$P_{дн} = \frac{K_H \cdot Q_H \cdot H_H}{0,102 \cdot \eta_H} \quad (2.5)$$

где $K_H = 1,1 - 1,2$ - коэффициент запаса;

Q_H - подача насоса отопления, $\text{м}^3/\text{с}$;

H_H - напор насоса отопления, м.вод.ст.;

$\eta_H = 0,5 - 0,7$ - КПД насоса отопления.

Пример. Определить электрическую мощность отопительных устройств вагона при конвекционно-циркуляционной системе отопления. Расчетное число пассажиров 40 человек. Норма расхода воздуха на пассажира $v_{пз} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Температура воздуха внутри вагона $t_{вз} = 20^\circ\text{C}$.

Принимаем $k_B = 1,32 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}$.

Мощность нагревательных элементов калорифера

$$P_K = v_{пз} \cdot n_{п} \cdot c_B \cdot (t_{вз} - t_{нз}) \cdot 10^{-3} = \\ = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 1220 \cdot (20 + 40) \cdot 10^{-3} = 20,2 \text{ кВт}.$$

Мощность электропечей вагона

$$P_{еп} = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot F_B \cdot k_B \cdot (t_{вз} - t_{нз}) = \\ = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 270,5 \cdot 1,32 \cdot (20 + 40) = 23,54 \text{ кВт}.$$

Определение мощности двигателя циркуляционного насоса отопления

При комбинированной системе отопления мощность двигателя циркуляционного насоса отопления может быть определена

$$P_{дцн} = \frac{k_{цн} \cdot Q_{цн} \cdot H_{цн}}{0,102 \cdot \eta_{цн}}, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

где $k_{цн} = 1,1 - 1,2$ - коэффициент запаса;

$Q_{цн}$ - производительность циркуляционного насоса отопления, $\text{м}^3/\text{с}$;

$H_{цн}$ - суммарный напор, м;

$\eta_{цн} = 0,45 - 0,75$ - КПД циркуляционного насоса.

Пример. Определить мощность циркуляционного насоса отопления вагона, если производительность насоса $Q_{цн} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, а суммарный напор $H_{цн} = 5 \text{ м}$.

Принимаем КПД циркуляционного насоса $\eta_{цн} = 0,5$; $k_{цн} = 1,2$. Требуемая мощность двигателя

$$P_{дцн} = \frac{k_{цн} \cdot Q_{цн} \cdot H_{цн}}{0,102 \cdot \eta_{цн}} = \frac{1,2 \cdot 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 5}{0,102 \cdot 0,5} = 0,4 \text{ кВт}.$$

2.3. Система охлаждения воздуха в вагоне

Комфортабельные пассажирские вагоны, а также вагоны РПС, оборудованы установками охлаждения воздуха. В пассажирских вагонах для этих целей применяют компрессионные холодильные установки с электроприводами, состоящие из следующих агрегатов: компрессионного (компрессор с электродвигателем), конденсаторного (конденсатор и его вентилятор с электродвигателем) и испарительного (воздухоохладитель).

Общая мощность теплопритоков (кВт), которая должна быть отведена в воздухоохладителе.

$$P_O = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad (2.7)$$

Приток тепла через поверхность кузова вагона

$$P_1 = K_{и} \cdot F_B \cdot K_B \cdot (t_{нл} - t_{вл}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.8)$$

где $K_{и}$ - коэффициент инфильтрации, принимаемый для летнего периода $K_{и} = 1,15$;

$t_{нл}$ - температура наружного воздуха в летний период эксплуатации вагона;

$t_{вл}$ - температура воздуха внутри вагона в летний период его эксплуатации.

Значения величин K_B и F_B даны выше.

Приток тепла от солнечной радиации

$$P_2 = F_p \cdot k_B (t_m - t_{вл}) \frac{Z}{24} \cdot 10^{-3}, \quad (2.9)$$

где $F_p = (0,3 \div 0,4) \cdot F_B$ - расчетная поверхность вагона, подвергающаяся солнечному облучению, m^2 ;

$t_m = 50^\circ C$ - расчетная температура поверхности вагона, подвергающейся солнечному облучению;

Z - продолжительность солнечного облучения вагона в течении суток, ч.

Тепло, приносимое наружным воздухом при вентиляции вагона,

$$P_3 = v_{пл} n_{пв} (t_{нл} - t_{вл}) \cdot 10^{-3} \quad (2.10)$$

Тепло, выделяемое пассажирами вагона,

$$P_4 = n_{п} q_{п} \cdot 10^{-3}, \quad (2.11)$$

где $q_{п}$ - тепло, выделяемое одним пассажиром, Дж.

Тепло, выделяемое электрооборудованием, размещенным в вагоне (электродвигатели, пускорегулирующая аппаратура, нагреватели, лампы накаливания и пр.), может быть принято равным $P_5 = 2 \div 2,5$ кВт.

Мощность двигателя компрессора

$$P_{дк} = (0,4 + 0,5) \cdot P_0 \quad (2.12)$$

Мощность двигателя вентилятора конденсатора

$$P_{вк} = \frac{K_{вк} Q_{вк} H_{вк}}{0,102 \eta_{вк}}, \quad (2.13)$$

где $K_{вк} = 1,2 \div 1,3$ - коэффициент запаса;

$Q_{вк}$ - подача вентилятора конденсатора, m^3/c ;

$H_{вк}$ - напор вентилятора - конденсатора, м.вод.ст.;

$\eta_{вк} = 0,4 \div 0,5$ - КПД вентилятора конденсатора.

Пример. Определить мощность двигателя компрессора системы охлаждения воздуха.

Задано: расчетная температура воздуха в вагоне $t_{вл} = 22^\circ C$; рас-

четная температура наружного воздуха $t_{нл} = 40^\circ C$; расчетное число пассажиров вагона $n_{п} = 40$ человек; норма подачи наружного воздуха на одного пассажира $v_{пл} = 9,7 \cdot 10^{-3} m^3/c$; тепло выделяемое одним пассажиром $q_{п} = 100$ Вт; приток тепла за счет потерь в электрооборудовании $Q_6 = 2500$ Вт.

Принимаем: поверхность вагона, подвергающаяся солнечной радиации $F_p = 0,4 \cdot F_B$ коэффициент теплоотдачи поверхности вагона

$$k_B = 1,34 \frac{Дж}{m^2 \cdot c \cdot град};$$

теплоемкость воздуха

$$c_B = 1220 \frac{Дж}{m^3 \cdot град};$$

Приток тепла через поверхность кузова вагона и инфильтрацию

$$Q_1 + Q_2 = 1,15 F_B k_B (t_{нл} - t_{вл}) = \\ = 1,15 \cdot 270,5 \cdot 1,34 \cdot (40 - 22) = 7520 \text{ Вт.}$$

Приток тепла от солнечной радиации

$$Q_3 = F_p \cdot k_B (t_m - t_{вл}) \frac{Z_p}{24} = 0,4 \cdot 270,5 \cdot 1,34 \cdot (50 - 22) \frac{14}{24} = 2370 \text{ Вт};$$

Тепло, приносимое наружным воздухом при вентиляции вагона

$$Q_4 = v_{пл} n_{пв} (t_{нл} - t_{вл}) = 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 1220 \cdot (40 - 22) = 8530 \text{ Вт.}$$

Тепло, выделяемое пассажирами вагона

$$Q_5 = q_{п} \cdot n_{п} = 100 \cdot 40 = 4000 \text{ Вт.}$$

Общее количество тепла, которое должно быть отведено в воздухоохладителе

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = \\ = 7520 + 2370 + 8530 + 4000 + 2500 = 24920 \text{ Вт.}$$

Мощность двигателя компрессора

$$P_{дк} = 0,45 \cdot Q_0 = 0,45 \cdot 24,92 = 11,2 \text{ кВт.}$$

2.4. Выбор двигателей по каталогу

При выборе типа двигателя для привода вагонных механизмов необходимо ориентироваться на род тока, указанный в задании (постоянный или трехфазный переменный). Необходимо также иметь в виду, что ряд механизмов (вентиляторы конденсатора и испарителя, комп-

рессор) имеют регулируемую производительность и для их привода выбираются электродвигатели с регулируемой частотой вращения. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока обеспечивается соответствующими схемами управления, а именно, включением регулировочных резисторов в цепь якоря и возбуждения.

Регулирование частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, применяемых в пассажирских вагонах с централизованным электроснабжением, осуществляется посредством переключения числа полюсов обмотки статора. Поэтому для привода компрессора и вентиляторов системы охлаждения воздуха должны быть выбраны многоскоростные асинхронные двигатели с переключаемым числом полюсов.

По величине рассчитанной мощности выбирают тип двигателя по каталогу (табл.2.1, 2.2) так, чтобы мощность выбранного двигателя не отличалась от расчетной величины более, чем на $\pm 5\%$. Если по каталогу такой двигатель подобрать не удастся, то выбирают двигатель ближайшей большей мощности.

Таблица 2.1

Технические данные двигателей постоянного тока

Тип двигателя	Номинальная частота вращения n , об/мин					
	1000		1500		2200	
	P_2 , кВт	η , %	P_2 , кВт	η , %	P_2 , кВт	η , %
2ПН90М	0,25	67,5	0,37	66,0	0,71	75,5
2ПН90Л	0,34	72,0	0,55	72,0	0,90	78,0
2ПН100М	0,50	73,0	0,75	76,0	1,2	78,0
2ПН100Л	-	-	1,1	78,5	-	-
2ПН112М	0,85	77,0	1,5	80,5	2,5	82,0
2ПН112Л	1,25	82,0	2,2	85,5	3,4	85,0
2ПН132М	2,5	78,0	4,0	81,0	7,0	84
2ПН132Л	3,0	81,0	5,5	82,5	8,5	85,5
2ПН160М	4,5	83,0	7,5	85,0	13,0	88,0
2ПН160Л	6,3	85,0	11,0	86,5	16,0	89,5
2ПН180М	8,0	87,0	15,0	88,5	26,0	90,5
2ПН180Л	10,0	87,0	18,5	85,0	30,0	86,0

Продолжение таблицы 2.1

Тип двигателя	Номинальная частота вращения n , об/мин					
	1000		1500		2200	
	P_2 , кВт	η , %	P_2 , кВт	η , %	P_2 , кВт	η , %
2ПН200М	13,0	87,0	22,0	87,5	36,0	88,0
2ПН132Л	1,90	78,0	3,2	85,0	-	-
2ПН160М	2,5	81,0	4,2	84,0	6,0	84,0
2ПН160Л	3,2	82,0	5,3	82,5	7,5	85,5
2ПН180М	4,5	83,0	7,1	85,0	9,5	86,0
2ПН180Л	5,6	85,0	8,5	86,0	11,0	88,0
2ПН200М	8,0	87,0	11,0	86,5	15,0	89,5
2ПН200Л	9,8	87,0	13,0	88,5	17,2	89,5

Примечание. Кратность пускового тока для двигателей постоянного тока $\lambda = 2$.

Таблица 2.2

Технические данные асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором серии 4А

Тип двигателя	Номинальная мощность P_2 , кВт	Частота вращения n , об/мин	$\cos \varphi_n$	η_n	Кратность пускового тока, λ
4АА63А4У3	0,25	1380	0,65	0,68	4,0
4АА63В4У3	0,37	1365	0,69	0,68	4,0
4А71А4У3	0,55	1390	0,70	0,705	4,5
4А71В4У3	0,75	1390	0,73	0,72	4,5
4А80А4У3	1,1	1420	0,81	0,75	5,0
4А80В4У3	1,5	1415	0,83	0,77	5,0
4А90Л4У3	2,2	1425	0,83	0,80	6,0
4А100Л4У3	3,0	1435	0,83	0,82	6,0
4А100С4У3	4,0	1430	0,84	0,84	6,0
4А112М4У3	5,6	1445	0,85	0,855	7,0
4А132С4У3	7,5	1455	0,86	0,875	7,5
4А132М4У3	11,0	1460	0,87	0,875	7,5
4А160С4У3	15,0	1465	0,88	0,895	7,0

Продолжение таблицы 2.2

Тип двигателя	Номинальная мощность P_2 , кВт	Частота вращения n , об/мин	$\cos \varphi_n$	η_n	Кратность пускового тока, λ
4AI80M8/6/4	8,0	730	0,73	0,78	6,5
	10,0	970	0,81	0,835	6,5
	12,0	1460	0,92	0,83	6,5
4A200M8/6/4	11,0	730	0,69	0,82	6,0
	12,0	975	0,71	0,825	7,0
	18,5	1465	0,91	0,85	7,5
4AI00S8/6/4	0,71	700	0,62	0,59	4,0
	0,90	935	0,71	0,65	4,5
	1,30	1435	0,82	0,69	5,0
4AI00L8/6/4	0,90	700	0,63	0,61	4,0
	1,20	940	0,71	0,68	5,0
	1,7	1430	0,83	0,71	5,0
4AII2MA8/6/4	1,1	710	0,69	0,65	7,5
	1,0	945	0,77	0,62	7,5
	1,5	1430	0,89	0,72	7,5
4AII2MB8/6/4	1,4	720	0,69	0,635	7,5
	1,2	950	0,77	0,685	7,5
	2,1	1440	0,89	0,71	7,5
4AI32S8/6/4	1,9	725	0,72	0,695	7,5
	2,2	950	0,77	0,735	7,5
	3,2	1440	0,90	0,74	7,5
4AI32M8/6/4	2,6	725	0,72	0,725	7,5
	2,8	955	0,78	0,75	7,5
	4,5	1445	0,90	0,775	7,5
4AI60S8/6/4	4,0	725	0,63	0,745	5,5
	4,5	965	0,75	0,760	6,0
	7,5	1450	0,90	0,805	6,0
4AI60M8/6/4	5,0	730	0,62	0,765	5,0
	6,3	970	0,73	0,770	6,0
	10,0	1455	0,90	0,82	6,5

2.5. Освещение вагонов

2.5.1. Определение мощности осветительной нагрузки методом коэффициента использования светового потока

При расчете освещения по методу коэффициента использования светового потока намечается количество светильников, необходимых для получения заданной освещенности, исходя из опыта проектирования освещения подобных помещений. Световой поток лампы (ЛМ) определяется выражением

$$F_{\text{л}} = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N \cdot n}, \quad (2.14)$$

где E - наименьшая допустимая освещенность, лк (табл. 2.3);

$k = 1,3$ - коэффициент запаса, учитывающий старение лампы и загрязненность светильников;

S - площадь помещения, м^2 (определяется по плану вагона);

z - коэффициент неравномерности освещения, т. е. отношение средней освещенности к минимальной (табл. 2.4);

η - коэффициент использования светового потока, т. е. отношение потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп (табл. 2.5);

N - количество светильников;

n - количество ламп в светильнике.

По табл. 2.6, 2.7 выбирают тип лампы, световой поток которой отличается не более, чем на $\pm 5\%$ от расчетной величины. Если такую лампу подобрать не удастся, изменяют число ламп в светильнике n и повторяют расчет, либо выбирают тип лампы, световой поток которой имеет ближайшее большее значение по сравнению с расчетным световым потоком (см. формулу 2.14).

При выборе ламп накаливания для освещения различных помещений вагона необходимо стремиться к тому, чтобы количество типов ламп было минимальным (не более двух).

При расчете освещения относительно больших помещений (салонов вагона - ресторана или междоластного вагона) целесообразно выбрать тип лампы (см. табл. 2.6, 2.7). Зная ее световой поток $F_{\text{л}}$, определим число светильников, исходя из (2.14)

Таблица 2.3

Наименование помещений	Наименьшая освещенность, лк, при лампах	
	накаливания	люминесцентных
Купе цельнометаллического вагона дальнего следования:		
на столике	75/50	150/100
над краями диванов	75/50	150/100
Пассажирское помещение в некупированных:		
на столике	75/50	150/100
над краями диванов	75/50	150/100
Над краями сидений пассажирского помещения межобластных вагонов	75/50	150/100
Багажный вагон:		
отделение для багажа на полках	50/30	150/75
отделение для раздатчиков багажа	75/50	200/100
Почтовый вагон:		
на сортировочных столах зала сортировки корреспонденции	100/75	300/150
на клетках сортировочных столов зала	75/50	200/100
на полу трамповой и транзитной кладовой	50/30	150/75

Примечание: в числителе указана норма освещенности для централизованных систем электроснабжения, а в знаменателе - для индивидуальных.

Таблица 2.4

Коэффициент неравномерности z

Помещения	Величина
Купе при опущенных полках	1,1
Коридоры, тамбуры, туалеты	1,4
Пассажирские межобластные вагоны	1,1 + 1,3
Пассажирские открытые вагоны	1,3 + 1,5
Салоны вагонов - ресторанов	1,0 + 1,2

Таблица 2.5

Коэффициент использования светового потока η

Светильники	Пассажирские помещения, межобластные, открытые и другие вагоны		Купе	
	с темными стенами и потолками	со светлыми стенами и потолками	с темными стенами и потолками	со светлыми стенами и потолками
Потолочный плафон с одной лампой накаливания	0,25	0,35	0,22	0,30
То же с двумя лампами накаливания	0,30	0,40	0,26	0,32
Потолочный плафон с одной люминесцентной лампой	0,35	0,46	0,32	0,37
То же с двумя люминесцентными лампами	0,40	0,52	0,36	0,42

Таблица 2.6

Технические данные железнодорожных ламп накаливания

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Номинальное напряжение, В	Световой поток, лм
Ж-54-10	10	54	65
Ж-54-25	25	54	230
Ж-54-40	40	54	430
Ж-54-50	50	54	550
Ж-54-60	60	54	720
Ж-75-50	50	75	525
Ж-54-15	15	54	108
Ж-220-40	40	220	336
Ж-220-60	60	220	540
Ж-220-75	75	220	671
Ж-220-100	100	220	1000

Продолжение таблицы 2.6

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Номинальное напряжение, В	Световой поток, лм
Ж-127-40	40	127	380
Ж-127-60	60	127	645
Ж-127-75	75	127	881
Ж-127-100	100	127	1275

Примечание. Тип цоколя 2Ш-22-2 - для всех типов ламп, кроме Ж-54-15 (тип цоколя СФ-19).

Таблица 2.7

Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Номинальное напряжение, В	Световой поток, лм	Длина лампы, мм
ЛБ15	15	127	630	440
ЛТВ15	15	127	600	440
ЛБ20	20	127	980	590
ЛТВ20	20	127	900	590
ЛБ30	30	220	1740	900
ЛТВ30	30	220	1500	900
ЛБ40	40	220	2480	1200
ЛТВ40	40	220	2200	1200

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot F_{\text{л}} \cdot \eta} \quad (2.15)$$

При освещении помещения рядами люминесцентных ламп также задается типом лампы по табл.2.6. Зная величину светового потока выбранной лампы, по формуле (2.15) определяют количество светильников. Поскольку длина светильников известна, определяют полную длину всех светильников (м)

$$\Sigma L_{\text{с}} = N \cdot (L_{\text{с}} + \Delta), \quad (2.16)$$

где $L_{\text{с}}$ - длина светильника (см.табл.2.6);

$\Delta = 0,15$ м - расстояние между светильниками по условиям монтажа.

Сравнивая длину светильников $\Sigma L_{\text{с}}$ с длиной освещаемого помещения $L_{\text{п}}$, решают вопрос о количестве рядов люминесцентных ламп. Если $\Sigma L_{\text{с}} \leq L_{\text{п}}$, то необходимое количество светильников может быть размещено в одном ряду. Если $\Sigma L_{\text{с}} > L_{\text{п}}$, то необходимо либо увеличивать количество ламп в светильнике, либо расположить светильники двумя (или более) рядами.

По формуле (2.14) определяют световой поток лампы и выбирают ее тип (по табл.2.5, 2.6) для всех помещений вагона, определяемых заданием на курсовой проект. Затем рассчитывают полную мощность устройств освещения, которая используется в дальнейших расчетах.

Пример.

Рассчитать освещение лампами накаливания прохода купированного вагона.

Площадь прохода составляет (по плану вагона)

$$S = 0,87 \cdot 17,35 = 15,1 \text{ м}^2$$

По таблицам 2.3, 2.4, 2.5 определяем

$$E = 30 \text{ лк}, z = 1,4, \eta = 0,35.$$

По опыту проектирования освещения проходов купированных вагонов

$$N = 6, n = 1.$$

Необходимый световой поток ламп составит:

$$F_{\text{л}} = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N \cdot n} = \frac{30 \cdot 1,3 \cdot 15,1 \cdot 1,4}{0,35 \cdot 6 \cdot 1} = 390 \text{ лм},$$

Выбираем лампу накаливания типа Ж-8

$$U_{\text{н}} = 50 \text{ В}, P_{\text{н}} = 50 \text{ Вт}, F_{\text{лн}} = 550 \text{ лм}.$$

Пример.

Рассчитать люминесцентное освещение пассажирского салона меж-областного вагона с централизованным электроснабжением. Принимая лампу типа ЛТВ мощностью $P = 40$ Вт, $F_{\text{лн}} = 2200$ лм, $L_{\text{с}} = 1,199$ м. В каждом светильнике расположена 1 лампа, т.е. $n = 1$.

Площадь пассажирского салона составляет

$$S = 2,925 \cdot 17,279 = 50,2 \text{ м}^2.$$

Определяем

$$E = 150 \text{ лк}, \eta = 0,46; z = 1,2.$$

Количество светильников

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot F_{\text{л}} \cdot n} = \frac{150 \cdot 1,2 \cdot 50,2 \cdot 1,2}{2200 \cdot 0,46 \cdot 1} = 10,7$$

Принимаем $N = 11$.

Длина всех светильников

$$\Sigma L_{\text{с}} = 11 \cdot (1,199 + 0,1) = 14,3 \text{ м} < L_{\text{п}} = 17,28 \text{ м}.$$

Светильники размещаются в одном ряду.

2.5.2. Определение мощности осветительной нагрузки методом удельной мощности

Метод удельной мощности применим при предварительных расчетах системы электроснабжения вагона и позволяет определить ориентировочную мощность источника света, необходимую для обеспечения заданной минимальной освещенности.

Мощность ламп определяется

$$P = \omega \cdot S,$$

где P — необходимая мощность ламп, Вт;

ω — удельная мощность, принимаемая по табл. 2.8

После расчета мощности всех ламп, намечается количество светильников, исходя из опыта проектирования освещения подобных помещений, и определяется мощность одной лампы

$$P_{\text{л}} = \frac{P}{N \cdot n} \quad (2.17)$$

на основе которой выбирается тип лампы.

Таблица 2.8

Наименование помещений вагона	Удельная мощность, Вт/м осветительной нагрузки при лампах	
	накаливания	люминесцентных
Купе: жесткое	12 — 18	10 — 20
мягкое	18 — 22	10 — 20
Отделение открытого вагона, салон межобластного вагона . .	10 — 15	6 — 10
Коридоры, проходы	8 — 10	6 — 10
Туалеты	10 — 12	4 — 8
Тамбуры	8 — 11	—
Прочие	8 — 10	—

Возможен и иной путь, а именно: выбирается тип лампы и ее мощность по табл. 2.6. или 2.7, затем определяется количество светильников

$$N = \frac{P}{P_{\text{л}} \cdot n} \quad (2.18)$$

Для люминесцентного освещения рассчитывается количество рядов ламп, аналогично описанному выше.

П р и м е р.

Рассчитать мощность ламп накаливания для освещения прохода купированного вагона

$$P = \omega \cdot S = 10 \cdot 15,1 = 151 \text{ Вт}.$$

Принимая лампу Ж-8 мощностью $P_{\text{л}} = 50 \text{ Вт}$, получим количество светильников при $n=1$.

$$N = \frac{P}{P_{\text{л}} \cdot n} = \frac{151}{50 \cdot 1} = 3$$

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК

Знание величины расчетных токов необходимо для определения мощности источника электроэнергии вагона, для выбора и проверки по нагреву электросетей, коммутационных и защитных аппаратов.

При определении расчетной мощности, расчетного тока необходимо иметь в виду, что не все электропотребители вагона работают одновременно. Например, система отопления включается в отопительный период эксплуатации вагона (осень, зима, весна), система охлаждения воздуха в летний период эксплуатации, нагреватели наливных труб - зимой и т.д. Поэтому прежде, чем приступить к определению расчетного тока, необходимо определить расчетный период эксплуатации (зима, лето) электрооборудования вагона, когда суммарная мощность одновременно работающих электропотребителей максимальна.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что на определение расчетного периода эксплуатации электрооборудования вагона оказывает влияние тип системы электроснабжения. В пассажирских вагонах с индивидуальным или централизованным электроснабжением все потребители электроэнергии вагона получают питание от одного источника - вагонного генератора или подвагонной магистрали. При смешанном электроснабжении устройства электроотопления получают питание от высоковольтной подвагонной магистрали, а остальные потребители - от вагонного генератора.

Если в задании на курсовую работу дана смешанная система электроснабжения вагона, то студент определяет расчетный период эксплуатации и расчетные нагрузки только для той группы электропотребителей, которые получают питание от вагонного генератора.

Для определения расчетного периода эксплуатации электрооборудования необходимо составить табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Определение расчетного периода эксплуатации электрооборудования вагона

Наименование потребителя	Номинальная мощность P_n , кВт	Коэффициент использования мощности $K_{из}$		$\cos \varphi_n$
		летом	зимой	
Двигатель вентилятора общей вентиляции (испарителя)		0,9	0,7	0,75
Двигатель вентилятора конденсатора		0,7	-	0,75

на рис - вычислить $\Sigma K_{из} P_n$

Продолжение таблицы 3.1

Наименование потребителя	Номинальная мощность P_n , кВт	Коэффициент использования мощности $K_{из}$		$\cos \varphi_n$
		летом	зимой	
Двигатель компрессора		0,7	-	0,85
Двигатель водоохладителя	0,49	0,9	0,7	0,65
Двигатель насоса отопления		-	0,7	0,65
Преобразователь люминесцентного освещения	2,15	0,7	0,85	-
Освещение лампами накаливания	0,62 кВт	0,9	0,9	1
Электрокипятильник	1,98	0,25	0,35	-
Электронагреватели сливных и наливных труб		-	0,9	1
Электрокалорифер*		-	0,85	1
Электроды*		-	0,8	1
Преобразователь для питания электрооборудования	0,22	0,2	0,2	-
Двигатель холодильника		0,85	0,7	0,7
Двигатель насоса подачи горячей воды в туалет		-	0,8	0,65
Электробытовые приборы		0,5	0,5	0,7
Цепи сигнализации и управления		0,5	0,5	0,7
Аккумуляторная батарея		0,8	0,8	1
		$\Sigma K_{из} P_n$	$\Sigma K_{из} P_n$	

* В вагонах с водяным отоплением и комбинированным котлом отопления вместо электрокалорифера и электропечей должны быть указаны электронагреватели котла отопления.

Для вагонов со смешанной системой электроснабжения эти потребители не указываются.

В графу "Номинальная мощность" записываются мощность двигателей, выбранных по каталогу, а также мощность потребителей, данная в задании на курсовую работу. Расчетным периодом эксплуатации является тот, для которого $\sum K_n P_n$ будет наибольшей, где P_n - номинальная (установленная) мощность потребителя.

В настоящее время основным методом определения электрических расчетных нагрузок является метод "упорядоченных диаграмм". Он применим при действительном числе электроприемников не менее четырех $n \geq 4$.

Для определения расчетной мощности группы потребителей, работающих в расчетный период эксплуатации, необходимо рассчитывать эффективное (приведенное) число электроприемников $n_{эф}$, т.е. такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое дает ту же величину расчетной нагрузки, что и группа действительных электроприемников, различных по мощности и режиму работы.

$$n_{эф} = \frac{[\sum P_n]^2}{\sum P_n^2} \quad (3.1)$$

Если эффективное число электроприемников три и менее, допускается расчетную нагрузку (кВт) принимать как сумму номинальных значений мощности.

$$P_p = \sum P_n \quad (3.2)$$

Расчетная реактивная мощность (кВар)

$$Q_p = \sum (P_n \cdot tg \varphi_n) \quad (3.3)$$

Полная расчетная мощность (кВА)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (3.4)$$

При $n_{эф} \geq 4$ расчетная активная мощность по методу "упорядоченных диаграмм" определяется по формуле

$$P_p = K_M \cdot \sum (K_n \cdot P_n) \quad (3.5)$$

где K_M - коэффициент максимума нагрузки;

K_n - коэффициент использования установленной мощности потребителя.

Расчетная реактивная мощность Q_p (кВар) определяется через номинальные активные мощности отдельных потребителей P_n и их номинальные $tg \varphi_n$. Номинальные $tg \varphi_n$ находят через номинальные коэффициенты мощности $\cos \varphi_n$ этих потребителей.

$$Q_p = K_M \cdot \sum (K_n \cdot P_n \cdot tg \varphi_n) \quad (3.6)$$

В системах электроснабжения постоянного тока имеет место только расчетная мощность P_p . Реактивная мощность отсутствует $Q_p = 0$.

Полная реактивная мощность (кВА) определяется по формуле (3.4).

Коэффициент максимума находят по табл.3.2 в зависимости от группового коэффициента использования $K_{игр}$ и эффективного числа электроприемников $n_{эф}$.

$$K_M = f(K_{игр}, n_{эф}) \quad (3.7)$$

Групповой коэффициент использования определяют по формуле

$$K_{игр} = \frac{\sum (K_n \cdot P_n)}{\sum P_n} \quad (3.8)$$

Коэффициенты использования мощности отдельных потребителей приведены в табл.3.4, где даны также приближенные значения коэффициентов мощности $\cos \varphi$, которые могут быть использованы при определении расчетных нагрузок, если по какой-либо причине неизвестны номинальные значения коэффициентов мощности.

Расчетный коэффициент мощности группы потребителей электроэнергии

$$\cos \varphi_{p.p} = \frac{P_p}{S_p} \quad (3.9)$$

Таблица 3.2

Коэффициент максимума нагрузки $k_m = f(k_{игр}, n_{эф})$

$n_{эф}$	Групповой коэффициент использования $k_{игр}$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,77	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06	1,03
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,10	1,10	1,08	1,04	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02

Расчетный ток (А):

для сетей трехфазного переменного тока

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_p}, \quad (3.10)$$

для сетей однофазного переменного тока

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_n \cdot \cos \varphi_p}, \quad (3.11)$$

для систем электроснабжения на постоянном токе

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_n}, \quad (3.12)$$

где U_n — номинальное напряжение (дается в задании на проектирование).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИКОВЫХ ТОКОВ.

Пиковые токи — это максимальные токи, возникающие в процессе нормальной эксплуатации электрооборудования при включении мощных потребителей. Продолжительность пиковых токов обычно не превышает 30–40 с.

Чаще всего пиковые токи возникают в момент пуска наиболее мощного электродвигателя при работающих остальных потребителях электроэнергии.

Знание величины пиковых токов необходимо для определения расчетной мощности источника электроэнергии вагона, а также для проверки выбранного сечения проводов электрической сети вагона по условиям падения напряжения и правильного выбора защитных аппаратов. В связи с этим определяется как пиковый ток группы потребителей, работающих в расчетный период эксплуатации, так и пиковый ток отдельных потребителей.

Пиковый ток (А) расчетного периода эксплуатации определяется по формуле

$$I_{пик} = I_{пуск.наиб} + (I_p - k_{и.наиб} \cdot I_{н.наиб}), \quad (4.1)$$

где $I_{пуск.наиб}$ — пусковой ток двигателя наибольшей мощности для расчетного периода эксплуатации;

$k_{и.наиб}$ — коэффициент использования мощности двигателя наибольшей мощности;

$I_{н.наиб}$ — номинальный ток двигателя наибольшей мощности;

I_p — расчетный ток группы потребителей, работающих в расчетный период эксплуатации вагона.

Номинальный ток двигателя:

для трехфазных асинхронных двигателей

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (4.2)$$

для двигателей постоянного тока

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{U_n \cdot \eta_n}, \quad (4.3)$$

Пусковой ток двигателя наибольшей мощности определяется по кратности пускового тока

$$I_{\text{пуск наиб}} = \lambda \cdot I_{\text{н наиб}} \quad (4.4)$$

где λ - кратность пускового тока (см. табл. 2.1 и 2.2).

Для одиночного двигателя пиковый ток равен пусковому току. У нагревательных элементов, выполненных из нихрома или фехрала, обладающих малым температурным коэффициентом сопротивления, пиковый ток отсутствует.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВАГОНА.

Источником электроэнергии при индивидуальной системе электроснабжения вагона является вагонный генератор, при централизованном электроснабжении - это либо группа синхронных генераторов вагона - электростанции, либо специальный источник электроэнергии, расположенный на локомотиве. И в том, и в другом случае электроэнергия посредством подвагонной магистрали распределяется от централизованного источника между вагонами, поэтому под мощностью источника электроэнергии вагона надо понимать мощность, потребляемую электрооборудованием вагона из подвагонной магистрали при расчетном периоде эксплуатации.

При смешанной системе электроснабжения электрооборудование получает питание от двух источников электроэнергии: приборы отопления - от централизованного источника через подвагонную магистраль, остальные потребители - от вагонного генератора. Как указывалось выше, расчетный период эксплуатации в этом случае определяется для группы потребителей, получающих питание от вагонного генератора. Поэтому под мощностью источника электроэнергии вагона надо понимать мощность вагонного генератора.

Мощность источника электроэнергии определяют для расчетного периода эксплуатации, когда одновременно включено максимальное число потребителей с наибольшей суммарной мощностью, т.е. по величине расчетного тока (см. формулы 3.10 - 3.12).

Мощность источника электроэнергии из условия нагрузки его пиковым током:

для системы электроснабжения постоянного тока (кВт)

$$P_{\text{пик}} = \frac{U_{\text{н}} \cdot I_{\text{пик}} \cdot 10^{-3}}{k_{\text{н}}} \quad (5.1)$$

для системы электроснабжения трехфазного переменного тока (кВА)

$$S_{\text{пик}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot I_{\text{пик}} \cdot 10^{-3}}{k_{\text{н}}} \quad (5.2)$$

где $k_{\text{н}} = 1,5 - 2$ - коэффициент перегрузки электроэнергии.

Сравнивая значения $P_{\text{пик}}$ и $S_{\text{пик}}$ с величинами $P_{\text{р}}$ и $S_{\text{р}}$, принимают большее значение мощности.

6. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ПРОВОДОВ И ЖИЛ КАБЕЛЕЙ.

Провода электрической сети вагона прокладываются, как правило, в металлических трубах под вагоном и в вагоне и металлических коробах - в вагоне. Допускается применение гибких металлорукавов.

Сечение проводов и жил кабелей напряжением до 1000 В выбирают по следующим условиям:

1. При нагревании проводов расчетным током длительно допустимый ток провода должен быть равен или больше расчетного тока

$$I_{\text{нр}} \geq I_{\text{р}} \quad (6.1)$$

По табл. 6.1 выбирают сечение жилы провода, допустимый ток которого удовлетворяет условию (6.1)

2. По условию соответствия сечения жилы провода номинальному току защитного аппарата

$$I_{\text{нр}} \geq k_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{зщ}} \quad (6.2)$$

где $I_{\text{зщ}}$ - номинальный ток плавкой вставки предохранителя или теплового расцепителя автоматического выключателя;

$k_{\text{зщ}}$ - отношение длительно допустимого тока провода к номинальному току защитного аппарата.

Величина $k_{\text{зщ}}$ выбирается по табл. 6.2. Предварительно выбирается тип защитного аппарата, устанавливаемого в рассматриваемой цепи (предохранитель с плавкой вставкой или автоматический выключатель).

3. По потерям напряжения в линии

$$\Delta U_{\text{л}} \leq \Delta U_{\text{доп. макс}} = 10\% \quad (6.3)$$

Для провода и жил кабелей из немагнитных материалов (медь, алюминий) потери напряжения в линии электроснабжения; для сетей постоянного тока

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{200}{U_{\text{н}}} \cdot I_{\text{пик}} \cdot r_{\text{л}} \quad (6.4)$$

для сетей однофазного переменного тока

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{200}{U_{\text{н}}} \cdot I_{\text{пик}} (r_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{р}} + x_{\text{л}} \sin \varphi_{\text{р}}) \quad (6.5)$$

для трехфазных сетей переменного тока

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{100\sqrt{3}}{U_{\text{н}}} \cdot I_{\text{пик}} (r_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{р}} + x_{\text{л}} \sin \varphi_{\text{р}}) \quad (6.6)$$

где $I_{\text{пик}}$ - пиковый ток участка линии электроснабжения, А;

$r_{\text{л}}$ - активные сопротивления проводов участка линии электроснабжения, Ом;

$x_{\text{л}}$ - индуктивные сопротивления участка линии электроснабжения, Ом;

$\cos \varphi_{\text{р}}$ - расчетный коэффициент мощности и определенный через него расчетный $\sin \varphi_{\text{р}}$.

Сопротивление проводов (Ом) участка линии электроснабжения

$$r_{\text{л}} = \frac{l_{\text{л}}}{\gamma_{\text{нр}} \cdot F_{\text{нр}}} = \frac{6}{32} \quad (6.7)$$

где $l_{\text{л}}$ - длина участка линии электроснабжения, м;

$F_{\text{нр}}$ - сечение проводов на рассматриваемом участке, мм²;

$\gamma_{\text{нр}}$ - удельная проводимость проводов.

Для медных проводов $\gamma_{\text{нр}} = 53 \text{ м/Ом.мм}^2$, для алюминиевых проводов $\gamma_{\text{нр}} = 32 \text{ м/Ом.мм}^2$.

Индуктивное сопротивление (Ом) участка линии электроснабжения для кабелей и проводов, проложенных в трубах или металлических рукавах, можно принять равным

$$x_{\text{л}} = 7 \cdot 10^{-5} \cdot l_{\text{л}} \quad (6.8)$$

Таблица 6.1

Длительно допустимые токовые нагрузки (А) на провода и кабели в сетях напряжения до 1000 В для медных и алюминиевых жил

Вид кабеля, провода	Способ прокладки	Сечение провода или одной жилы кабеля, мм ²															
		2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	210	230	270
Провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией	Открыто проложенные	30	41	50	80	100	140	170	215	270	330	385	440	510			
	В одной трубе	25	35	42	60	80	100	125	170	210	255	290	330	390			
Трехжильные кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией	В воздухе	25	35	42	55	75	95	120	145	180	220	260	305	350			
	В воздухе	19	27	32	42	60	75	90	110	140	170	200	235	270			
Четырехжильные кабели с бумажной пропитанной изоляцией	В воздухе	—	37	45	60	80	100	125	150	185	215	255	300	340			
	В воздухе	—	28	35	45	65	80	95	120	145	165	195	230	230			

Таблица 6.2

Коэффициенты защиты $K_{зщ}$

Тип защиты	$K_{зщ}$
Автомат с мгновенно действующим расцепителем	1,25
Плавкая вставка	1,25
Автомат с тепловым мгновенно действующим расцепителем	1,0

Электрическая сеть вагона разветвленная и может быть представлена в виде двух участков: от источника электроэнергии (вагонный генератор, подвагонная магистраль и пр.) до распределительного щита и от распределительного щита до соответствующего потребителя. Поэтому допустимая потеря напряжения в электрической сети вагона может быть разделена на две составляющих: потеря напряжения в проводах, соединяющих источник электроэнергии с распределительным щитом, принимая равной 4%, и потеря напряжения в проводах, соединяющих распределительный щит с соответствующим потребителем, принимая равной 6%. В зависимости от конкретных расчетов указанное распределение потерь напряжения может быть изменено студентом.

Если в результате расчетов получено, что $\Delta U_d > 10\%$, то необходимо выбрать проводник большего сечения и повторить расчет.

4. По условию механической прочности проводов и кабелей. Минимально допустимые сечения проводов приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Минимальные сечения проводов, мм²

Характеристика проводов и условий прокладки	Медный	Алюминиевый
Изолированные провода для осветительной арматуры	0,5	--
Провода для переносных электроприборов	0,75	--
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки в трубах и металлических рукавах, групповые линии сети силовой и осветительной при отсутствии штепсельных разъемов	1	2,5
Групповые провода силовой сети, сети освещения со штепсельными розетками	1,5	2,5

7. ВЫБОР ЗАЩИТНОЙ И КОММУТАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ.

7.1. Предохранители.

Предохранители применяются для защиты электрических установок от токов короткого замыкания. Наиболее распространенными предохранителями в сетях напряжением до 1000 В являются разборный предохранитель типа ПР-2, разборный насыпной типа ПНР и неразборный насыпной типа НПН, предохранители с кварцевым наполнителем типа ПРС и типа ПК-45 (табл. 7.1). Предохранители типа ПНР и НПН более надежны в работе, их характеристики более стабильны.

При выборе предохранителей должны быть выполнены условия:

1. Номинальное напряжение предохранителя должно быть больше номинального напряжения сети

$$U_{н. пред} \geq U_n \quad (7.1)$$

2. Плавкая вставка не должна плавиться при длительных расчетных токах

$$I_{н. вст} \geq I_p \quad (7.2)$$

3. Плавкая вставка не должна плавиться при пиковых (пусковых) токах

$$I_{н. вст} \geq \frac{I_{пик}}{\alpha} \quad (7.3)$$

где коэффициент $\alpha = 2,5$, если предохранитель стоит перед одиночным двигателем, $\alpha = 1,6 - 2$ - перед группой электродвигателей.

4. Наибольший отключаемый ток предохранителя должен быть равен или больше тока короткого замыкания

$$I_{наиб. откл} \geq I_{к.з.} \quad (7.4)$$

7.2. Автоматические выключатели.

Автоматические выключатели служат для защиты электроустановок от токов коротких замыканий с помощью мгновенно действующих электромагнитных расцепителей и от перегрузок с помощью тепловых расцепителей (табл. 7.2, 7.3).

таблица 7.1

Технические данные предохранителей

Наименование предохранителя	Тип предохранителя	Номинальный ток, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Наибольший отключаемый предохранителем ток, кА
Без наполнителя (разборные, токоограничивающие) на напряжении 500 В	ПР-2-15	15	6; 10; 15	7,0
	ПР-2-60	60	15; 20; 25 35; 45; 60	3,6
	ПР-2-100	100	60; 80; 100	10
	ПР-2-200	200	100; 125 160; 200	10
	ПР-2-350	350	200; 225 260; 300; 350	11
	ПР-2-600	600	350; 450 500; 600	20
С наполнителем напряжением 500 В	НПН2-15	15	6; 10; 15	50
	НПН2-60	60	15; 20; 25 30; 40; 60	50
	НПН2-100	100	30; 40; 60 80; 100	50
Однополюсные напряжением 400 В	ПРС-6	6	1; 2; 4; 6	50
	ПРС-20	20	10; 16; 20	50

Таблица 7.2

Технические данные автоматических выключателей типа АЗ100 с комбинированным расцепителем.

Тип выключателя	Ток теплового расцепителя, А	Ток электромагнитного расцепителя, А	Наибольший отключаемый автоматом ток, кА
АЗ110	15	150	3,2
	20	200	4,0
I = 100А	25	250	5,0
	30	300	7,0
	40	400	10
	50	500	10
	60	600	11
	80	800	12
	100	1000	12

продолжение таблицы 7.2

Тип выключателя	Ток теплового расцепителя, А	Ток электромагнитного расцепителя, А	Наибольший отключаемый автоматом ток, кА
АЗ120 I = 100А	15, 20 15, 30 40, 50 60 80, 100	430 600 800	5, 6 9, 10 13, 19 20 22, 23
	120 150	840 1050	19 23
	I = 250А 200 250	1400 1750	30 30
АЗ140 I = 600А	250 300 400 500 600	1750 2100 2800 3500 4200	32 35 40 50 50

Таблица 7.3

Технические данные автоматических выключателей типа АП50

Ток автоматического выключателя, А	Предел регулирования тока теплового расцепителя, А	Ток электромагнитного расцепителя, А		Наибольший отключаемый автоматом ток, кА	
		переменный	постоянный	переменный	постоянный
1,6	1,0-1,6	11	14	0,3	1,0
2,5	1,6-2,5	17,5	22	0,4	1,0
4,0	2,5-4,0	23	36	0,6	1,0
6,4	4,0-6,4	45	57	0,8	1,5
10	6,4-10	70	90	1,5	1,5
25	16-25	175	220	1,5	1,5
40	25-40	230	352	1,5	1,5
50	40-50	350	440	1,5	1,5

Номинальное напряжение автоматических выключателей типа АЗ100, АП50 равно 660 В.

Автоматические выключатели выпускаются трех типов:

- а) только с мгновенно действующими расцепителями;
- б) только с тепловыми (не защищающими от токов короткого замыкания) расцепителями;
- в) имеющими оба типа расцепителей - с комбинированным расцепителем.

Номинальный ток электромагнитного расцепителя (вставка электромагнитного расцепителя) выбирается по расчетному току

$$I_{эл. магн} \geq I_p \quad (7.5)$$

и проверяется по пиковому току

$$I_{эл. магн} \geq k_a \cdot I_{пик} \quad (7.6)$$

Коэффициент k_a , учитывающий неточность в срабатывании расцепителя автомата, принимается равным $k_a = 1,5$ для автоматов типа АЗ110 и равным $k_a = 1,25$ для остальных типов.

Номинальный ток теплового расцепителя выбирается по расчетному току

$$I_{н. тепл} \geq I_p \quad (7.7)$$

Тепловой расцепитель обладает инерционностью. Поэтому проверку по пиковому току теплового расцепителя можно не делать.

Номинальное напряжение автоматического выключателя должно быть равно или больше номинального напряжения сети

$$U_{н. ав} \geq U_n \quad (7.8)$$

7.3. Контактторы.

Контактторы предназначены для дистанционного включения и выключения потребителей электроэнергии в схемах с автоматическим или ручным управлением.

При выборе контакторов постоянного тока (табл. 7.4) и переменного тока должны быть выполнены условия:

1. Номинальный ток контактов должен быть равен или больше расчетного тока коммутируемой цепи $I_{н. конт} \geq I_p$.

2. Номинальное напряжение контактов должно быть равно или больше номинального напряжения электрической сети вагона

$$U_{н. конт} \geq U_n$$

3. Номинальное напряжение включающей катушки контактора должно быть равно номинальному напряжению электрической сети вагона

$$U_{н. кату} = U_n$$

Таблица 7.4

Технические данные контакторов постоянного тока

Тип контактора	Длительный ток главных контактов, А	Номинальное напряжение, В	
		главных контактов	включающей катушки
KM-12A-I	150	50 - 70	45 - 75
2KM-002-I	60	50 - 70	45 - 75
2KM-002-5	160	50 - 70	45 - 75
KN1, KNU1	25	60 - 320	24 - 320
KN2, KNU2	60	60 - 320	24 - 320
KN3, KNU3	100	60 - 320	24 - 320
KN4, KNU4	200	60 - 320	24 - 320
KN5, KNU5	400	60 - 320	24 - 320

Технические данные контакторов переменного тока (номинальное напряжение главных контактов 380 В, включающей катушки 127-380 В):

Тип контактора	Длительный ток главных контактов, А
КТФ(I).....	15
КТФ(II).....	25
ТМ-1А.....	25
ТМ-2.....	50
ТМ-3.....	100
КМ-2000(II).....	50
КМ-2000(IV).....	150

8. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Расчетно-пояснительная записка является техническим документом и оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-79 "ЕСКД. Общие требования к текстовым документам" и ГОСТ 2.106-68 "ЕСКД. Текстовые документы".

Расчетно-пояснительная записка выполняется на листах определенных размеров, которые носят название форматов (ГОСТ 2.301-68). Форматы листов определяются размерами внешней рамки листа. Пояс-

няющий текст и расчеты выполняются на листах бумаги формата А4 (297x210 мм), расположенных вертикально.

Первым листом записки является титульный лист. Он оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-68 (рис. 8.1). За титульным листом следует заглавный лист записки (рис. 8.2).

В правом нижнем углу заглавного листа помещается основная надпись (рис. 3). При заполнении ее в гр. (1) указывается тема проекта, в гр. (4) - литер "У" (учебный), в гр. (9) - сокращенное название вуза (МИИТ), в гр. (2) - обозначение документа, т. е. курсовой работы (сокращенно КР), а через тире - шифр специальности (специальность "Вагоностроение и вагонное хозяйство" имеет шифр 1508). Далее в эту графу через точки вписываются учебный шифр студента, год курсового проектирования (две последние цифры) и индекс документа (например, ПЗ - пояснительная записка).

На титульном и заглавном листах вычерчивается рамка, размеры которой указаны на рис. 8.1 и 8.2. На листах текстовых документов (расчетно-пояснительные записки курсового и дипломного проектирования, рефераты и т.п.) рамку не вычерчивают, но расстояния от границ формата до границ текста выдерживают от края формата с левой стороны не менее 25 мм (для подшивки листа), с другого края - не менее 8 мм, сверху и снизу - не менее 15 мм. Расчетно-пояснительные записки выполняются одним из следующих способов:

- р у к о п и с н ы м - обычным рукописным способом, четким почерком, желательно черным цветом с высотой букв не менее 2,5 мм;
- м а ш и н о п и с н ы м - на одной стороне листа через два интервала с высотой букв не менее 2,5 мм, лента только черного цвета;
- т и п о г р а ф с к и м;
- с применением печатающих и графических устройств ЭВМ.

Текст расчетно-пояснительной записки должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. Текст записки состоит из разделов, подразделов, пунктов, которые нумеруются арабскими цифрами с точками.

Наименование разделов записывают в виде заголовков (симметрично тексту) прописными буквами,

наименование подразделов - строчными (кроме первой) буквами с абзаца.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Наименование разделов должны быть краткими.

Расстояние между заголовками и последующим текстом должно быть 10 мм (3 интервала на пишущей машинке). Такое же расстояние должно быть между заголовками раздела и подраздела.

За заглавным листом расчетно-пояснительной записки помещают оглавление с указанием начальных страниц разделов и подразделов.

Сокращение слов в тексте и надписях под иллюстрациями, за исключением установленных ГОСТ 2.316-68, не допускается. При выполнении расчетов формулы должны быть вынесены из общего текста в отдельную строку.

Условные буквенные обозначения различных расчетных величин в формулах, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам. Расшифровка буквенных обозначений и числовых коэффициентов дается непосредственно за формулой в той же последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где", без двоеточия после него; значения следующих символов даются с новой строки. Если буквенные обозначения были использованы ранее и их смысл не изменился, то повторять разъяснения не следует.

При использовании какой-либо специальной расчетной формулы или определенного заключения, вывода, положения и т.п. следует сослаться на литературный источник; общеизвестные формулы пояснений не требуют. При ссылке указывается индекс (например, [1], [2]), а в конце расчетно-пояснительной записки приводится список литературы, имеющий те же индексы, фамилии авторов, их инициалы, полное наименование источника, издательство, год издания.

Порядок ведения расчетной части должен соответствовать следующей схеме: искомые величины - формула - подстановка значений в формулу в строгой последовательности - ответ. Все другие вычисления в записке не приводятся. Итоговые данные или наиболее важные величины должны быть повторены и выделены в красную строку с указанием размерностей.

В расчетно-пояснительной записке следует соблюдать единую терминологию.

Рис.8.1. Титульный лист курсового проекта.

В тексте следует использовать научно-технические термины, обозначения и определения в соответствии с существующими стандартами. Не допускается применение для одного и того же понятия различных научно-технических терминов, близких по смыслу, а также иностранных слов и терминов при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке.

Рис.8.2. Заглавный лист расчетно-пояснительной записки.

Рис.8.3. Основная надпись для заглавного листа.

Не допускается сокращение единиц физических величин, если они употребляются без цифр, применять сокращение слов, кроме установленных правилами русской орфографии; использовать знак (-) перед отрицательными значениями величин (например, следует писать "минус 20°C"); использовать математические знаки (<, >, N, %) без цифр; применять индексы стандартов (ГОСТ, ОСТ) без регистрирующего номера.

Значения физических величин должны выражаться в единицах СИ в соответствии с ГОСТ 8.417-81. Обозначение единицы пишут в одну строку с числовыми значениями без переноса на следующую строку. Между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел: 100 м; 8%, 20 к. Исключение составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой 20°.

Обозначения величин с предельными отклонениями следует записывать по образцу: (100±1) м; (200,00±0,05) Ом.

Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, следует отделять точками на средней линии: кг·м; Н·с.

Произведение обозначений в знаменателе заключают в скобки кг/(м·с·Па). Целесообразно использование отрицательных степеней: м·кг·с⁻²; кПа·с·м⁻².

Уравнения и формулы выделяют в тексте отдельными строками. Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер указывают с правой стороны листа в круглых скобках на уровне формулы.

Если расчетная формула будет использована многократно, то ее приводят один раз, а результаты последующих расчетов сводят в соответствующие таблицы.

Построение таблиц в текстовом документе также должно соответствовать стандарту. Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота или с поворотом по часовой стрелке на 90°.

Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Над таблицей справа помещают слово "Таблица" с порядковым номером (см. табл. 2.2). Если в расчетно-пояснительной записке одна таблица, ее не нумеруют и слово "Таблица" не пишут. Таблица должна иметь заголовок, который должен быть кратким и полностью отражать содержание таблицы. Оформление таблицы представлена на рис.8.4.

С х е м а т а б л и ц ы

Таблица 2.2

Заголовок таблицы				
Головка	Заголовок граф			
	Подзаголовки граф			
Боковик	Графы (колонки)			

Рис.8.4.

Стандартом не допускается диагональное деление головки таблицы, а также не рекомендуется помещать графу "Номера по порядку (N n/n)". Нумерацию граф и строк разрешается давать только в том случае, если на них необходимо делать ссылки в тексте.

Цифры в графах таблицы должны проставляться так, чтобы одноименные разряды чисел во всей графе были расположены один под другим.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово "Таблица" в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно, если имеет номер, например "... в табл.3.1.".

Иллюстрациями в тексте являются графики, схемы, чертежи, рисунки, фотографии. Каждая иллюстрация в тексте должна иметь наименование, расположенное сверху. Под иллюстрацией помещают подрисуночный текст (в случае необходимости).

Обозначение иллюстрации состоит из слова "Рис." и порядкового номера в пределах данного раздела с указанием номера раздела. На все иллюстрации должны быть ссылки в тексте; например, на рис.3.4. изображена гистограмма".

Иллюстрации к соответствующим частям текста могут быть расположены по тексту записки или в конце ее (в приложении).

Объем расчетно-пояснительной записки 25-30 листов.

Графическая часть курсовой работы выполняется на листе формата 24 (594x841), на котором вычерчиваются:

1. Схема расположения основных потребителей электроэнергии и источников питания.

2. Однолинейная электрическая схема электрооборудования вагона.

Для выполнения 1-го пункта вычерчивается вид вагона сверху в разрезе и вид вагона сбоку, также в разрезе [6]. Чертеж выполняется тонкими линиями. На чертеже указываются только основные элементы вагона. Более жирными линиями на чертеже вычерчивается основное электрооборудование вагона и сеть электроснабжения этих потребителей. При необходимости получения более подробной информации вычерчиваются дополнительные разрезы отдельных элементов (например, купе) вагона. На чертежах указываются основные размеры, позволяющие определить длину проводов сети электроснабжения.

Однолинейная электрическая схема электрооборудования вагона составляется на основании чертежа вагона, где дано расположение электрооборудования в соответствии с заданием на курсовую работу.

На схеме должны быть указаны источники и потребители электроэнергии, коммутационные и защитные аппараты. Все элементы схемы изображаются условными знаками согласно ЕСКД. Каждому элементу присваивается определенное обозначение, которое должно быть пояснено в описании однолинейной схемы в пояснительной записке к курсовой работе.

Из чертежа вагона с расположением электрооборудования определяются длины проводов, сечение которых должно быть выбрано в соответствии с заданием на курсовую работу, и указываются на электрической однолинейной схеме.

Для студентов, изучающих дисциплину "Электрическое оборудование рефрижераторных вагонов" основным листом графической части проекта является лист №2, на котором приводится развернутая электрическая схема холодильно-нагревательной установки, содержащая все элементы и связи между ними и дающая детальное представление о принципах работы установки. Для лучшего и более быстрого

понимания принципа действия установки на листе №1 студенты приводят структурную схему, на которой изображают основные функциональные части холодильно-нагревательной установки, а также упрощенную однолинейную схему электроснабжения двух грузовых вагонов секции от одного из главных генераторов и укрупненную однолинейную схему электроснабжения секции.

Оба листа выполняются на листах формата 24 карандашом или тушью.

В соответствии с ГОСТ шифры схем, входящих в состав конструкторской документации, состоят из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы. Электрическую схему обозначают буквой Э, а ее тип цифрами. В частности, структурная схема обозначается цифрой 1, принципиальная - цифрой 3. Так, при заполнении основной надписи чертежа (рис.4) принципиальная схема будет иметь условный шифр Э3, структурная - Э1.

В графах основной надписи для чертежей: (1) - тема проекта, (2) - обозначение чертежа и др. данные (см. пояснение к рис.3), (5) - название чертежа, схемы, (6) - сокращенное название учебного заведения, (7) - литера (У - учебный чертеж), (8) - общее количество листов, (9) - порядковый номер листа.

При вычерчивании электрических схем холодильно-нагревательных установок и схем электромагистралей секций и АРВ используют главным образом условные графические обозначения следующих ГОСТов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД):

ГОСТ 2.721-74. Обозначения общего применения;

ГОСТ 2.722-68. Машины электрические;

ГОСТ 2.725-68. Устройства коммутирующие;

ГОСТ 2.751-73. Электрические связи, провода, кабели, шины;

ГОСТ 2.755-74. Устройства коммутационные и контактные соединения.

Размеры условных графических обозначений определяет ГОСТ 2.747-63. Правила выполнения электрических схем даны в ГОСТ 2.702-75.

Схема должна содержать наименьшее количество изломов и пересечений линий связи. Если выполненная схема построена из стандартных графических обозначений, то на чертеже их не поясняют. Обозначения элементов схемы вычерчивают линиями толщиной 0,3-0,6 мм.

Основная надпись для чертежа

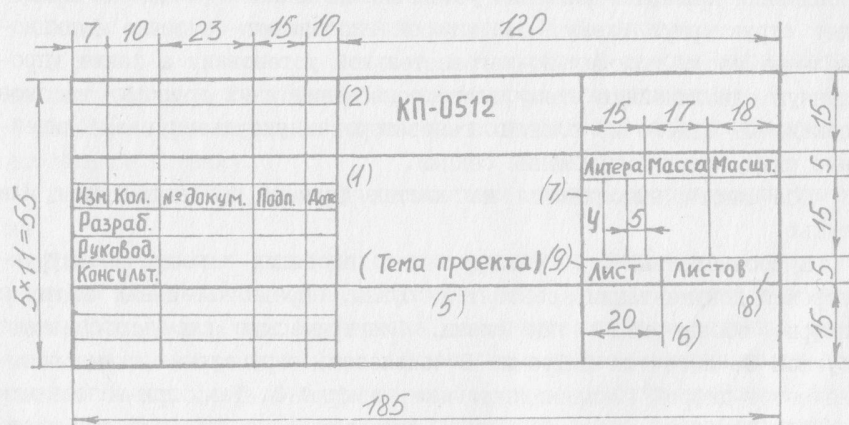


Рис. 8.4

При изображении на одной схеме различных функциональных цепей (цепи силовые и цепи управления) рекомендуется вычерчивать линиями разной толщины. При выделении этих цепей допускается применять линии толщиной до 1 мм. Все элементы, включенные в одну цепь, вычерчиваются линиями одной толщины.

Для построения принципиальных развернутых схем пользуются определенными правилами и условными обозначениями отдельных элементов схемы, основными из которых являются следующие.

1. Отдельные элементы одного и того же аппарата изображают не в одном месте, а в различных участках схемы, сообразуясь с удобством чтения схемы. Все элементы одного аппарата имеют одинаковое буквенное обозначение.

2. Все параллельные ветви изображаются параллельными строками. Их стараются, по возможности, располагать в соответствии с последовательностью действия аппаратуры.

3. Контакты всех аппаратов в схеме изображаются в "нормальном" положении, когда внешние воздействия на аппарат (электрические и механические) отсутствуют, т.е. когда катушки не возбуждены, а механические защелки освобождены. Изображения контак-

тов реле, кнопок, рубильников, автоматов и других коммутирующих устройств располагают так, чтобы воображаемая сила, действующая на подвижную часть контакта, уменьшала острый угол изображенного контакта и замыкала замыкающие контакты.

4. Буквенные обозначения аппаратуры содержат одну или несколько букв, на которых первая соответствует наименованию аппарата, а вторая - его назначению. Например, КЛ - контактор линейный, РП - реле промежуточное, РВ - реле времени и т.д.

Если на схеме имеется несколько аппаратов, выполняющих одинаковые функции, то каждому из них дается порядковый номер. Например, РП1 - первое промежуточное реле, РП2 - второе и т.п. В том случае, когда в схеме имеется только один элемент (например, генератор, контактор и т.д.), то порядковый номер в его позиционном обозначении опускается. Позиционные обозначения проставляют по схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов, по возможности, с правой стороны или над ними.

Для удобства чтения схемы краткие технические данные примененных в ней элементов и устройств вместе с их позиционными обозначениями заносят в перечень элементов, который помещают на первом листе схемы, и заполняют этот перечень сверху вниз. Перечень элементов оформляют в виде таблицы (рис. 8.5), располагая

Форма таблицы "Перечень элементов схемы"

185				
Позиц. обознач.	Обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
20	30	90	10	35
15				
8				
8				

Рис. 8.5

его над основной надписью. При отсутствии места для продолжения граф перечня элементов над основной надписью продолжение перечня

помещают слева от нее. В графе "Позиционное обозначение" записывается условное позиционное обозначение в соответствии со схемой (например, K1, K2, K3). Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, записываются в перечень одной строкой. В этом случае в графу "Позиционное обозначение" записывают только буквенные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами (например, K1 ... K5). В графу "обозначение" записывают обозначение основного конструкторского документа. При учебном проектировании эта графа не заполняется. В графу "наименование" записывается наименование элемента с его основными данными в соответствии с документом, на основании которого этот элемент применен. В графе "Примечание" указывается, например, цвет кнопок, штифтов, колпачков сигнальных ламп и др.

Элементы в перечень записываются в следующем порядке:

а) при буквенно-цифровых позиционных обозначениях элементов - группами в порядке расположения буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одно и то же буквенное позиционное обозначение, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров;

б) при цифровых позиционных обозначениях - в порядке возрастания номеров.

Для обеспечения связей между элементами и устройствами, примененными в схеме, для определения одних и тех же электрических цепей, а также для правильных подключений каждая принципиальная электросхема холодильно-нагревательной установки должна иметь маркировку электрических цепей. Система обозначения (маркировки) цепей должна соответствовать ГОСТ 2.709-72.

Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, катушками реле, обмотками машин, резисторами и др., считаются разными участками и имеют разную маркировку. Участки, сходящиеся в одном угле принципиальной схемы, а также проходящие через разъемные контактные соединения, маркируются одинаково. Маркировка состоит из ряда последовательных чисел и в необходимых случаях содержит буквенную или цифровую приставку. Для цифровых обозначений применяются арабские числа, а для буквенных - прописные буквы. На принципиальных схемах маркировка проставляется над участком проводника при горизонтальном расположении цепи или справа от

участка проводника при вертикальном расположении.

На схеме допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей, которыми должны быть выполнены соединения элементов.

При составлении схем управления электрооборудованием необходимо выполнять следующие рекомендации, учитывающие опыт проектирования таких установок: 1) силовые цепи переменного тока вычерчивать, начиная с верхнего левого угла листа; 2) символы электродвигателей в силовой части схемы размещать по горизонтали, а символы защитных и коммутационных аппаратов - над каждым электродвигателем; 3) для определения назначения и характеристик электродвигателей под символами помещать таблицу с занесением в нее сведений, определяющих назначение электродвигателя его тип, мощность, номинальную частоту вращения ротора и исполнение.

При вычерчивании схем управления катушки электрических аппаратов следует располагать справа, а контакты, воздействующие на эти катушки, - слева. Располагать контакты аппаратов справа от катушек разрешается только в исключительных случаях. Допускается расположение контактов на вертикальных линиях связи, если такое расположение существенно уменьшает размер чертежа, на котором вычерчивается принципиальная схема, и не затрудняет чтение и понимание схемы.

На принципиальных схемах управления для удобства чтения слева от горизонтальных строчек проставляется их нумерация.

На схеме рекомендуется помещать пояснительные надписи и указывать в характерных точках величины токов и напряжений, рабочие частоты и др. Кроме того, на принципиальных схемах рекомендуется помещать токи установок автоматических выключателей и тепловых реле, номинальные токи плавких вставок предохранителей, напряжения соответствующих обмоток трансформаторов, вставки выдержек времени и др.

Применение развернутых принципиальных схем весьма удобно для выяснения принципа работы и последовательности действия аппаратуры. Для монтажных цепей более удобны специальные схемы, на которых аппараты и их клеммы изображаются в соответствии с их действительным расположением на вагоне и указывается раскладка проводов.

9. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИИ ПО ВЫБОРУ ОСНОВНОГО
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВАГОНА.

Но- мер ваго- на	Тип ваго- на	Сис- тема эле- ктро- снаб- жения	Род тока три- фаз. сети ваго- на	Номи- наль- ное на- пря- же- ние	Мате- риал про- во- дов	Продол- житель- ность солнеч- ного облуче- ния в течении суток	Температура, °С				Количе- ство тепла, выделя- емое пасса- жиром, Дж/с	Н А П О Р, 10-3 м		Н А П О Р, 10-3 м	
							внутри вагона	с наружи вагона	ле- то	зи- ма		венти- лятор испа- рителя двигате- ля	венти- лятор испа- рителя двигате- ля		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Мягк. с кон- диц.	Ц.	3-х фаз. 50Гц	380	М	10	24	20	39	-41	90	1,6	4,15	46	18
2	Воз- духа, 18	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	А	14	20	18	41	-37	120	1,55	4,8	45	12
3	Воз- духа, 18	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	М	16	25	23	38	-42	110	1,5	4,65	60	12
4	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	12	23	20	42	-39	90	1,48	4,1	65	11
5	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	220	М	11	24	21	38	-38	100	1,75	4,35	47	17
6	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	15	22	19	37	-39	120	1,61	4,75	61	12
7	Купи- ров. с кон- диц.	Ц.	3-х фаз. 50Гц	380	М	15	26	20	41	-38	90	1,63	4,2	55	16
8	Воз- духа, 36	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	А	11	21	19	40	-39	110	1,59	4,25	53	15,3
9	Воз- духа, 36	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	М	16	23	20	42	-40	120	1,61	4,78	64	12
10	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	14	22	18	39	-36	115	1,63	4,71	61	11,6
11	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	220	М	10	24	20	40	-38	95	1,68	4,26	48	17,5
12	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	12	22	20	42	-40	105	1,65	4,1	51	17

9. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИИ ПО ВЫБОРУ ОСНОВНОГО
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВАГОНА.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
13	Меж- обл. с кон диц.	Ц.	3-х фаз. 50Гц	380	М	14	26	21	39	-42	110	1,71	4,38	47	17,8
14	Воз- духа, 68	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	А	12	22	18	41	-40	112	1,70	4,42	62	12,1
15	Воз- духа, 68	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	М	15	25	20	42	-38	123	1,76	4,31	45	18
16	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	10	24	19	40	-40	118	1,71	4,40	57	15,1
17	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	220	М	11	25	21	38	-40	121	1,80	4,45	53	16
18	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	13	23	18	42	-38	115	1,82	4,58	50	16,1
19	Отк- рыт. с кон диц.	Ц.	3-х фаз. 50Гц	380	М	14	23	18	38	-36	117	1,90	4,65	48	17,8
20	Воз- духа, 54	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	А	13	25	19	37	-37	109	1,91	4,81	45	17,5
21	Воз- духа, 54	С М	Пос- тоян- ный	220	М	10	22	19	43	-40	100	1,95	4,53	43	17,1
22	Пас- са- жир	С М	Пос- тоян- ный	110	А	12	21	18	42	-40	97	1,69	4,46	64	12
23	Пас- са- жир	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	220	М	12	23	21	43	-40	110	1,63	4,1	63,8	12
24	Пас- са- жир	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	110	А	14,5	25	20	42	-39	115	1,88	4,62	45,6	18
25	Пас- са- жир	Ц. с и.п.	Пос- тоян- ный	210	М	13	21	18	40	-40	99	1,60	4,53	64	12

10. Варианты заданий по ремонту электрооборудования

1. Разработать схему технологического процесса ремонта электрических машин.
2. Разработать основные операции и приспособления по дефектовке электрических машин.
3. Разработать технологию ремонта якорей электрических машин.
4. Разработать технологию ремонта обмоток возбуждения электрических машин.
5. Разработать технологию ремонта и основную оснастку для ремонта коллекторов электрических машин.
6. Разработать технологию ремонта остовов, валов, подшипников и подшипниковых щитов, щеточных узлов электрических машин.
7. Разработать систему операционных испытаний при ремонте электрических машин.
8. Разработать технологию стендовых испытаний вагонных генераторов после ремонта.
9. Разработать принципиальную схему стенда для испытания электрических машин.
- 9а. Разработать схему установки для испытания электрической прочности изоляции.
10. Разработать технологию ремонта обмотки якоря генератора продольного поля.
11. Разработать схему технологического процесса ремонта кислотных аккумуляторов.
12. Разработать схему технологического процесса ремонта щелочных аккумуляторов.
13. Разработать технологию ремонта щелочного аккумулятора со вскрытием корпуса.
14. Основные отказы кислотных и щелочных аккумуляторов и способы их обнаружения.
15. Разработать технологию изготовления электролита для кислотных и щелочных аккумуляторов.
16. Разработать технологию проведения контрольных и тренировочных зарядно-разрядных циклов для щелочных аккумуляторов.
17. Основные отказы пуско-регулирующей аппаратуры и ее ремонт.

18. Технология ремонта релейно-контакторной аппаратуры и ее испытание.
19. Технология ремонта осветительной аппаратуры и ее испытание
20. Технология ремонта электрической сети вагона.
21. Технология ремонта аппаратов защиты и их испытания.
22. Технология ремонта нагревательных элементов и приборов отопления.
23. Технология испытаний высоковольтного электроотопления. Меры по технике безопасности.
24. Технология ремонта угольных регуляторов напряжения генераторов продольного поля.
25. Разработать стенд для регулировки и испытаний угольного регулятора напряжения генератора продольного поля.
26. Технология ремонта угольных регуляторов напряжения сети освещения.
27. Разработать технологию пропитки и сушки обмоток электрических машин и аппаратов.
28. Организационные формы ремонта электрооборудования вагонов.
29. Разработать принципиальную схему стенда для испытаний электрооборудования вагона в сборе.
30. Разработать технологию функциональных испытаний электрооборудования вагона в сборе при питании от аккумуляторной батареи
31. Разработать технологию функциональных испытаний электрооборудования вагона в сборе при питании от вагонного генератора.
32. Проверка комплектности при испытаниях электрооборудования вагона в сборе.
33. Разработать мероприятия по технике безопасности при испытаниях электрооборудования вагона в сборе.
34. Разработать планировку электромашиного отделения электроцеха депо или ВРЗ.
35. Разработать планировку пропиточно-сушильного отделения электроцеха депо или ВРЗ.
36. Разработать планировку отделения по ремонту электрических аппаратов.
37. Разработать планировку отделения электроцеха депо или ВРЗ по ремонту нагревательных элементов и приборов отопления.
38. Разработать планировку испытательной станции электроцеха депо или ВРЗ.

39. Разработать планировку отделения по ремонту кислотных аккумуляторов.
40. Разработать планировку отделения по ремонту щелочных аккумуляторов.
41. Разработать планировку отделения по ремонту электрической сети и осветительной аппаратуры вагонов.
42. Разработать основные операции по ремонту электрической сети вагонов.
43. Разработать технологию ремонта приборов защиты.
44. Разработать технологию ремонта коммутационной аппаратуры.
45. Разработать технологию ремонта обмоток электрических машин переменного тока.
46. Разработать технологию ремонта коллекторов электрических машин вагонов.
47. Разработать основные операции по текущему ремонту электрического оборудования вагонов.
48. Техническое содержание электрического оборудования вагонов в пути следования.
49. Разработать основные операции по ремонту релейно-контактной вагонной аппаратуры.
50. Разработать технологию ремонта вагонных угольных регуляторов напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрооборудование вагонов. /А.Е.Зорохович, А.А.Реморов и др. Под ред. А.Е.Зорохович. - М.: Транспорт, 1982.
2. С к р и п к и н В.В. Электрооборудование изотермического подвижного состава. - М.: Транспорт, 1982.
3. Л и п к и н Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. - М.: Высшая школа, 1975.
4. К н я з е в с к и й Б.А., Л и п к и н Б.Ю. Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий и цехов. - М.: Энергия, 1971.
5. Электротехнический справочник. Т. 2. /Под ред. И.Н.Орлова. - М.: Энергия, 1981.
6. В л а с о в В.А., Р е м о р о в А.А., Ч е р н о в Е.Т. Выбор основного электрооборудования и сети электроснабжения пассажирского вагона. Ч. II, МИИТ, 1985.
7. В и г и р о в Ю.В., В л а с о в В.Д., Ф е д о р о в В.В. Метрология, стандартизация, управление качеством. - М.: МИИТ, 1993.