

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович

Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавиловский университет

Дата подписания: 09.06.2026 15:46:55

Уникальный программный ключ:

528682d78e671e566ab0701e1ba21721735a1e

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова**

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование энергетической службы»

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Саратов 2026

Методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование энергетической службы» для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиль Электроснабжение / Сост.: Ю.В. Иванкина// ФГБОУ ВО Вавиловский университет. – Саратов, 2026. – 29 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с учебным планом по дисциплине «Проектирование энергетической службы» и предназначено для бакалавров направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиля «Электроснабжение». Материал ориентирован на вопросы профессиональных компетенций будущих электриков.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Характеристика парка энергооборудования и условия его эксплуатации	8
2. Расчет годовой производственной программы энергетической службы	9
3. Выбор службы ЭНС	11
4. Выбор принципа технической эксплуатации	13
5. Разработка эксплуатационной карты энергооборудования производственного объекта	15
6. Построение графиков ТО и ТР энергооборудования	18
7. Расчет трудозатрат, штатного состава и выбор рациональной структуры ЭНС	21
8. Разработка компоновки пункта технического обслуживания и ремонта энергооборудования	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	28

ВВЕДЕНИЕ

Состояние ТО электрооборудования определяется обстановкой в агропромышленном комплексе. К настоящему времени его общий парк сократился не менее чем вдвое и значительно устарел. ТО электроустановок сельских товаропроизводителей находится на низком уровне. Средняя годовая аварийность составляет 20...25%. Фактический срок службы электродвигателей в 2-3 раза меньше требуемого. В животноводстве он составляет 3,5 г., растениеводстве – 4 г., на подсобных предприятиях – 5 лет. Основные причины выхода из строя: несоответствие условиям среды сельскохозяйственных помещений; отсутствие защиты от перегрузок и неполно фазных режимов работы; недостатки в системе ТО и низкое качество текущего и капитального ремонта. За последнее время значительно уменьшились электрифицированного технологического оборудования, поступающего в АПК, резко снизилось качество ремонта электродвигателей. Технический сервис на селе товаропроизводителей включает обеспечение электрифицированной техникой и электрооборудованием, проведение его обслуживания и ремонта в течение срока эксплуатации, а также комплекс услуг по приобретению, монтажу и наладке, снабжению запасными частями и материалами, обучению электротехнического персонала. Основой технического сервиса электрооборудования и электроустановок должны являться ремонтно-эксплуатационные базы сельскохозяйственного предприятия (товаропроизводителя) и на районном уровне (центральная ремонтная мастерская). Создание эффективного технического обслуживания электрооборудования и электроустановок позволит снизить потребность в трудовых ресурсах на 30%, материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды - на 20%, энергоемкость производства за счет организационно-технических мероприятий – не менее чем на 10%.

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Введение

1. Характеристика парка энергооборудования и условий его эксплуатации.
2. Расчет годовой производственной программы энергетической службы (ЭНС).
3. Разработка эксплуатационной карты энергооборудования производственного объекта.
4. Построение графиков ТО и ТР энергооборудования.
5. Расчет трудозатрат, штатного состава и выбор рациональной структуры ЭНС.
6. Разработка компоновки пункта технического обслуживания и ремонта энергооборудования и поста электрика.
7. Специальное задание (по указанию преподавателя).

Графический материал 2 листа А3 (Графики технического обслуживания и ремонта энергооборудования; Технологическая компоновка пункта (поста) обслуживания энергооборудования).

Примечания

1. Номер варианта состоит из 3-х цифр (выдается преподавателем). Первая обозначает номер исходных данных по животноводству, вторая – по растениеводству, третья – по подсобным предприятиям. Например, для варианта № 348 необходимо взять по исходным данным по животноводству из 3-го столбца, по растениеводству – из 4-го, по подсобным предприятиям из 8-го столбца.
2. При разработке графиков использования энергооборудования в течение года учесть реальные условия сельскохозяйственного производства Саратовской области.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Титульный лист оформляется в соответствии с приложением.
2. Объем не менее 20, но не более 35 стр. формата А4.
3. Поля: левое – 30 мм, правое – 15, верхнее – 20, нижнее – 20 мм.
4. Основной текст – шрифт TimesNewRoman, кегль 14.
5. Заголовки – по центру, прописной полужирный шрифт TimesNewRoman, кегль 14.
6. Заголовок таблицы – по центру, строчной полужирный TimesNewRoman, кегль 12.
7. Раздел «Список литературы» – TimesNewRoman, кегль 12.
8. Текстотаблицы – Times New Roman, кегль 12.
9. Интервал:
 - между строками – 1,5;
 - между заголовками и текстом – 1;
 - внутри таблиц – 1.
10. Абзацный отступ – 1,25 см.
11. Выравнивание основного текста – по ширине. Переносы **не допускаются**.
12. Нумерация страниц – середина нижнего поля. Нумерация начинается со **второй** страницы.

Таблица 1 - Исходные данные по количеству электрифицированных объектов

№	Наименование отраслей и электрифицированных предприятий	Данные вариантов								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Животноводство										
1.1	Коровник на 200 скотомест, шт.	1	2	4	–	2	4	2	3	3
1.2	Коровник на 400 скотомест, шт.	–	–	–	1	2	2	–	–	–
1.3	Телятник на 120 телят с родильным отделением № 1, шт.	1	1	2	2	3	4	1	1	1
1.4	Телятник для доразивания молодняка	1	2	3	3	3	4	2	2	2
1.5	Молочный блок, шт.	–	–	–	1	2	2	–	–	–
1.6	Свинарник-маточник на 120 мест	–	–	–	–	–	–	1	3	8
1.7	Свинарник-откормочник на 480 скотомест, шт.	–	–	–	–	–	–	1	3	6
1.8	Кормоцех, шт.	1	1	2	2	2	3	2	2	3
1.9	Доля электроустановок 1 категории по ущербу, %	10	10	15	20	25	30	30	30	30
2. Растениеводство										
2.1	Зерноочистительный ток с агрегатом ЗАВ-20	2	4	6	–	–	–	–	2	2
2.2	Зерноочистительный ток с агрегатом ЗАВ-40	1	–	–	2	3	4	6	2	4
2.3	Кормоприготовительный участок с агрегатом АВМ, шт.	1	1	2	1	2	2	2	2	1
2.4	Кормоприготовительный участок с агрегатом ОГМ, шт.	–	–	–	1	1	2	2	2	1
2.5	Склад зерна	2	3	3	3	4	4	5	4	6
3. Подсобные предприятия										
3.1	Гараж на 12 автомашин, шт.	1	1	1	2	2	3	3	3	4
3.2	Машинно-тракторная мастерская на 40 тракторов, шт.	1	1	2	2	2	3	3	3	3
3.3	Деревообрабатывающая мастерская, шт.	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3.4	Насосная станция	2	4	4	4	5	6	7	8	8
3.5	Расстояние от районного центра, км	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3.6	Котельная 1 типа	–	1	2	–	1	1	–	1	1
3.7	Котельная 2 типа	1	2	–	1	2	1	3	1	2
3.8	Газораспределительный пункт	1	1	2	1	3	1	2	1	3

Таблица 2 - Исходные данные по числу электрооборудования на объектах

№	Наименование электрооборудования, единицы измерения	Количество у.е.э. на единицу измерения	Количество электрооборудования на электрифицированном объекте, указанном в исходных данных (табл. 1)																		
			1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8
1	Распределительные пункты, щиты напряжением до 1000 кВ, 1 присоединение	0,5	6	8	1	4	3	7	5	4	6	6	5	–	4	4	2	3	3	2	2
2	Электроприводы с двигателем мощностью до 1000 кВт, 1 двигатель	0,5	5	10	10	24	14	8	11	18	5	10	27	8	4	13	5	–	3	2	2
3	«То же» – от 10 до 20 кВт	0,6	–	–	–	–	1	8	–	2	–	–	–	–	–	2	–	1	–	–	–
4	«То же» – от 20 кВт и выше	0,7	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	9	–	–	–	1	–	–	–	–
5	«То же» с приборами автоматического управления и двигателем мощностью до 10 кВт	0,7	4	8	–	–	–	20	–	2	8	12	–	–	–	11	–	–	2	2	2
6	«То же» – свыше 10 кВт	1,0	–	2	–	–	–	–	1	1	2	4	–	–	–	–	–	1	4	2	–
7	Светильники, группа на одном выключателе	0,5	4	6	10	6	6	10	6	6	2	2	5	2	4	3	2	1	3	2	2
8	Электронагреватели, 1 установка	0,5	2	4	1	1	–	–	–	–	–	–	2	–	1	1	–	–	2	1	–
9	Электрокалориферные установки мощностью до 40 кВт, 1 установка	1,0	2	2	1	–	–	7	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	1	1	1
10	Сварочные трансформаторы, 1 установка	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	–	–	1	1	–
11	Зарядные агрегаты (выпрямители), 1 установка	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
12	Электровулканизаторы, 1 установка	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
13	Внутренняя силовая и осветительная проводки производственных помещений	0,5	17	28	15	11	2,8	9	8,5	3,1	–	–	1,6	1,0	–	0,5	0,6	0,5	10	3	1

1. Характеристика парка энергооборудования и условия его эксплуатации

Типичное хозяйство имеет производственный, коммунальный и бытовой сектор потребления электрической энергии. В производственном секторе используются следующее электрооборудование: силовые щиты, магнитные пускатели, электродвигатели, водонагреватели, осветительные щитки, светильники (с лампами накаливания и люминесцентными лампами). В производственных корпусах, ремонтных мастерских применяют провода марок АПР и АПВ, которые располагают на конструкциях с изоляторами или используют кабель. К перечисленному оборудованию следует добавить дополнительное электрооборудование, установленное в подсобных предприятиях (мастерских, механизированных дворах и т.п.). Перечень этого электрооборудования следующий: трансформаторы сварочные, генераторы сварочные, установки конденсаторные, резервные электростанции, системы автоматического управления и защиты. Анализ типичного сельского подворья показал, что типичный набор скота и птицы определяет и набор электрифицированного оборудования.

В таблице 3 приводится количество электрифицированных объектов по своему варианту.

Вариант №XXX

Таблица 3

№	Наименование отраслей и электрифицированных предприятий	Кол-во
1. Животноводство		
1.1	Коровник на 200 скотомест, шт.	
1.3	Телятник на 120 телят с родильным отделением №1, шт.	
1.4	Телятник для доращивания молодняка	
1.8	Кормоцех, шт	
1.9	Доля электроустановок 1 категории по ущербу, %	
2. Растениеводство		
2.1	Зерноочистительный ток с агрегатом ЗАВ – 20	
2.2	Зерноочистительный ток с агрегатом ЗАВ – 40	
2.3	Кормоприготовительный участок с агрегатом АВМ, шт	
2.5	Склад зерна	
3. Подсобные предприятия		
3.1	Гараж на 12 автомашин, шт	
3.2	Машино тракторная мастерская	
3.3	Деревообрабатывающая мастерская, шт	
3.4	Насосная станция	
3.5	Расстояние до районного центра, км	
3.7	Котельная 2 типа	
3.8	Газораспределительный пункт	

2. Расчет годовой производственной программы энергетической службы (ЭНС)

Годовая производственная программа ЭНС состоит из трех разделов. Первый (основной) раздел программы включает работы по технической эксплуатации электроустановок. Второй раздел включает те работы, которые необходимы для повышения уровня эксплуатации и ускоренного развития ЭНС. Для эффективной работы ЭНС доля этого раздела должна неуклонно возрастать. Третий раздел содержит работы по дальнейшему развитию электрификации и автоматизации предприятия. Структура и номенклатура работ годовой производственной программы (ГПП) ЭНС приведена в таблице № 4.

Таблица 4 - Структура производственной программы ЭНС

Раздел и вид работ	Объем, %
<i>Раздел 1. Техническая эксплуатация электрооборудования (70 %)</i>	
Организация и контроль производственного обслуживания	3
Оперативно-дежурное обслуживание	10
Техническое обслуживание	20
Текущий ремонт	26
Капитальный ремонт	8
Контрольные измерения и испытания	3
<i>Раздел 2. Повышение эффективности эксплуатации (15 %)</i>	
Повышение квалификации	2
Корректировка комплектования электроустановок	2
Выбор и контроль режимов использования	3
Развитие РОБ службы.	2
Повышение надежности электрооборудования	3
Мероприятия по экономии электроэнергии	2
Организация учета электроэнергии	1
<i>Раздел 3 Развитие электрификации и автоматизации хозяйства (15 %)</i>	
Электромонтажные работы	7
Пусконаладочные работы	3
Модернизация электрооборудования	2
Производство собственной продукции	3

ГПП характеризуется не только составом, но объемом, трудоемкостью и стоимостью работ.

Расчет объема работ ГПП производим в условных единицах электрооборудования (у.е.э.) трудоемкость в – чел.-ч. За одну у.е.э. приняты усредненные годовые трудозатраты на техническую эксплуатацию комплекта электрооборудования электропривода с двигателем мощностью 10 кВт и выше, снабженного приборами автоматического управления.

Данные для расчетов берем из задания таблица №1 и таблица №2 . Расчет первого раздела ГПП для удобства оформим в виде таблицы № 4, состоящей из 4 основных граф. В гр.1 заносим порядковый номер оборудования, в гр. 2 – наименование электрооборудования с указанием единиц измерения, в гр. 3 – коэффициент ремонтосложности конкретного вида ЭО, гр. 4 делится в свою очередь на несколько столбцов, каждый из которых соответствует определенному объекту из задания.

При расчете объема работ по каждому конкретному объекту и виду оборудования полученные данные в гр. 4 будем вносить в следующем виде:

$$\frac{N_{Э0ij} \cdot N_{0i}}{Q_{Э0ij}}$$

где $N_{Э0ij}$ - количество i -го вида и типа оборудования на j -том объекте, шт. (м);

N_{0i} - количество j -тых объектов, шт.;

$Q_{Э0ij}$ - объем работ по i -тому оборудованию на j -том объекте, у.е.э.

$$Q_{Э0ij} = N_{Э0ij} \cdot N_{0i} \cdot K_{Ri}$$

где K_{Ri} - коэффициент ремонтосложности i -того вида ЭО.

Общий объем работ по первому разделу для каждой из отраслей (животноводство, растениеводство, подсобные предприятия и теплоэнергетическое оборудование) определяем путем суммирования соответствующих $Q_{Э0ij}$.

Объем работ второго и третьего разделов ГПП определяются по их ожидаемой доле на основе объема работ первого раздела по следующей формуле:

$$Q_n = Q' \cdot d_n / 70$$

где Q' - объем работ первого раздела, у.е.э.;

d_n - доля n -ных работ, %;

70 – доля работ первого раздела, %.

Затем определяем общий объем работ по всем трем разделам:

$$Q_{жив} = Q'_{жив} + Q''_{жив} + Q'''_{жив} (y.e.э.);$$

$$Q_{раст} = Q'_{раст} + Q''_{раст} + Q'''_{раст} (y.e.э.);$$

$$Q_{н.н.} = Q'_{н.н.} + Q''_{н.н.} + Q'''_{н.н.} (y.e.э.);$$

$$Q_{т.э.о.} = Q'_{т.э.о.} + Q''_{т.э.о.} + Q'''_{т.э.о.} (y.e.э.);$$

$$Q = Q_{жив} + Q_{раст} + Q_{н.н.} + Q_{т.э.о.} (y.e.э.)$$

На основе полученных данных построим диаграмму ГПП ЭНС (Рис.1.)

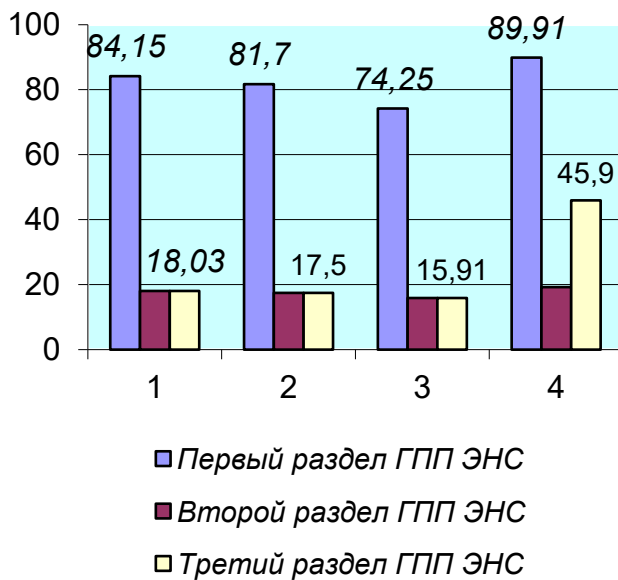


Рисунок 1 -Диаграмма ГПП ЭНС

3. Выбор службы ЭНС

Рациональный выбор формы энергетической службы напрямую влияет на эффективность ее работы и учитывает большое число ограничений (факторов), поэтому задача оптимального выбора формы технической эксплуатации энергоустановок является многокритериальной и стоит одной из первых в ряду задач требующих тщательной проработки.

Выбор службы ЭНС заключается в выборе формы эксплуатации энергетического оборудования. Форма эксплуатации энергоустановок зависит от объема работ по техническому обслуживанию энергетического оборудования в хозяйстве. Различают следующие формы эксплуатации:

- хозяйственная, - специализированная, - комплексная

Методы обоснования формы эксплуатации энергоустановок различают по числу учитываемых факторов. В настоящее время, в связи с децентрализацией сельскохозяйственных предприятий, наибольшее распространения получают специализированная и комплексная формы эксплуатации. По первому методу выбор формы эксплуатации энергоустановок производим по У.Е.Э., при этом учитываем только годовой объем и номенклатуру работы. По второму методу определили, что форма эксплуатации энергоустановок специализированная, т.к. объем работ по хозяйству менее 800 У.Е.Э. По второму методу учитываем не только годовой объем, но и обеспеченность ЭНС электромонтерами (N^*), удаленность хозяйства от районного центра – L. Для выбора формы эксплуатации будем использовать номограмму, приведенную на рис.2.

По оси ординат откладываем объем работ ГПП (471,43 у.е.э.) и из этой точки проводим параллельно оси абсцисс линию до пересечения с лучом N^* , соответствующим обеспеченности хозяйства электромонтерами (по заданию $N^* = 80 \%$). Из полученной точки A проводим линию параллельно оси ординат. Затем линию, исходящую из объема работ ГПП продолжаем влево до точки пересечения с кривой, соответствующей расстоянию от хозяйства до районного центра (2 км). Точку B переносим, как показано на рис. 2. и находим точку F.

технической эксплуатации, структуры ремонтного цикла, периодичности работ, типового состава операций обслуживания и ремонта, трудоемкости и стоимости работ.

Принцип технической эксплуатации – правило выбора момента контроля и восстановления свойств оборудования. Согласно этому определению выделяют три принципа: послеотказовый, профилактический и послеосмотровый.

Послеотказовый принцип – это обслуживание по необходимости, когда восстановительные работы осуществляются лишь после выхода из строя энергооборудования; планово профилактические мероприятия не проводят.

Профилактический принцип состоит в том, что независимо от технического состава энергооборудования проводят профилактические мероприятия в плановые сроки; при выходе из строя элементов или устройств в целом осуществляют их восстановление (замену).

Послеосмотровый принцип – это обслуживание по состоянию энергооборудования, при котором в плановом порядке проводят лишь диагностические проверки (осмотры), а необходимые профилактические (восстановительные) работы назначают с учетом фактического состояния оборудования.

Так как по заданию доля электроустановок первой категории по ущербу составляет 10%. А электрооборудование на электрифицированных объектах имеет расчетную оптимальную периодичность профилактических работ меньше срока службы электрооборудования, то целесообразно применять профилактический принцип обслуживания энергооборудования.

Преимущества данного способа заключаются в том, что:

1). За счет периодических профилактик, выполняемых через определенное, правильно установленное время, суммарный объем работ по технической эксплуатации снижается до некоторого наименьшего значения, достаточного для поддержания технического состояния электрооборудования на требуемом уровне;

2). За счет плановых систематических профилактик каждой единицы электрооборудования наименьший уровень работ по технической эксплуатации неизменного парка электрооборудования остается практически постоянным;

3). Весь ряд профилактических работ, выполняемых в течение срока службы электрооборудования, состоит из последовательно повторяющихся однотипных циклов работ.

Профилактические мероприятия могут быть календарными или регламентными. Применяем календарные мероприятия т.к. их выполняют через строго определенный календарный период не зависимо от режима использования энергооборудования.

В первом случае профилактику выполняют строго определенные календарные периоды не зависимо от режима использования электрооборудования, а во втором после регламентированной разработки учитывая загрузку, суточную сезонную и годовую занятость энергооборудования.

5. Разработка эксплуатационной карты энергооборудования производственного объекта

Эксплуатационные карты электрооборудования (ЭКЭ) относятся к внутрихозяйственной документации ЭНС. Они упорядочивают учет электрооборудования, облегчают расчет трудозатрат ЭНС и составление графика ППР, а так контроль его исполнения.

Эксплуатационная карта состоит из плана объекта и расчетной таблицы. На плане показывается размещение ЭО и краткие сведения о нем.

Для примера рассмотрим ЭКЭ телятника на 228 голов.

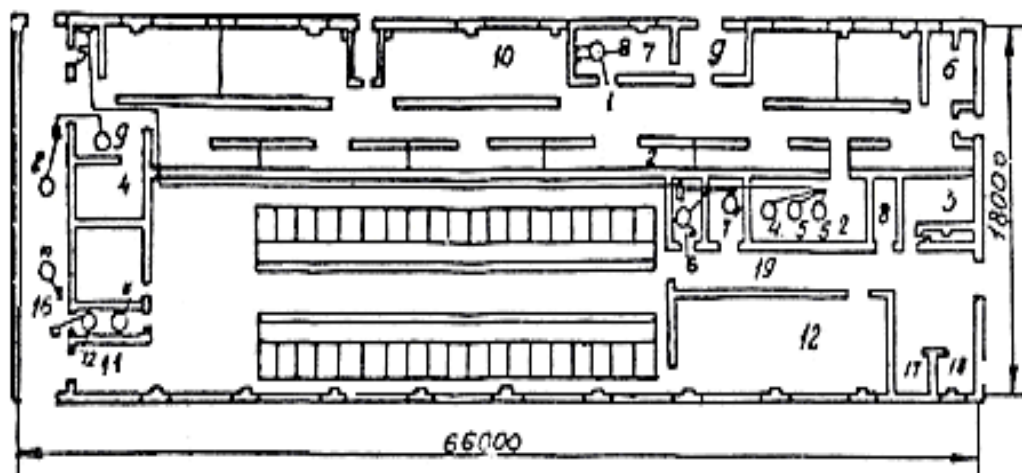


Рисунок 3 - План телятника на 228 голов

Таблица 5 - Экспликация помещений телятника

№ п/п	Наименование помещений	Количество	Площадь
1	Телятник на 228 голов	1	435,8
2	Помещение для выпойки телят	1	29,1
3	Помещение для концентрированных кормов	1	17,5
4	Помещение для грубых кормов и подстилки	1	13,4
5	Электрощитовая	1	4,6
6	Комната персонала	1	8,6
7	Венткамера	1	12,0
8	Санузел	2	7,0
9	Тмбуры	6	35,1
10	Помещение для отдела на 44 места	1	369,5
11	Профилакторий на 21 место	1	6,59
12	Моечно-молочная	1	9,2
13	Вакуум – насосная	1	4,6
14	Помещение для грубых кормов и подстилки	1	10,2
15	Помещение навозоудаления	1	72,0
16	Комната персонала	1	4,6
17	Помещение для концентрата и силоса	1	14,8
18	Коридор	1	30,0

Все данные об ЭО заносим в таблицу 6: в графу 1 – заносим позицию ЭО на плане помещения, в гр. 2 – наименование ЭО и его краткую характеристику (место установки, тип, мощность и т.д.), в гр. 3 – единицы измерения ЭО, в гр. 4 – его число, в гр. 5 – шифр окружающей среды (1 – сухие и влажные, 2 – сырые, 3 – особо сырые, 4 – особо сырые с химически активной средой, 5 – пыльные помещения), в гр. 6 – занятость ЭО в течении суток (ч) и 7–продолжительность использования (мес.) Для каждого вида электрооборудования, учитывая его суточную занятость и характер окружающей среды, по нормативам системы ППРЭсх определяем периодичность и записываем в числитель граф 8,9

По выбранной периодичности определяем среднее годовое число ТР и ТО.

$$q_{TP} = \frac{12}{t_{TP}}$$

$$q_{TO} = \frac{t_u}{t_{TO}} - q_{TP}$$

где t_{TP} и t_{TO} - периодичность ТО и ТР, (Рис. 8 из [4])мес.;

t_u - продолжительность использования электрооборудования в течение года, мес. (для животноводства $t_u=8$ мес.). Результаты расчета записываем в знаменателях граф 8,9.

Разовую трудоемкость ТО и ТР берем из приложения 2 [4] и записываем в графы 10,11. Годовые трудозатраты на ТО, ТР, ОО электрической части соответствующего технологического оборудования определяем по следующим выражениям (Графы 12,13,14)

$$T_{z.ТО} = T_{ТО} \cdot q_{ТО},$$

$$T_{z.ТР} = T_{ТР} \cdot q_{ТР},$$

$$T_{z.ОО} = 0,15 \cdot (T_{z.ТО} + T_{z.ТР})$$

где $T_{ТО}$ и $T_{ТР}$ - соответственно разовые трудоемкости ТО и ТР конкретного вида ЭО. Годовые трудозатраты для всего объекта определяем суммированием полученных трудоемкостей ТО, ТР, ОО.

Таблица 6 - Расчет трудозатрат на техническую эксплуатацию телятника на 228 голов

Обозначение на	Наименование и краткая характеристика ЭО (тип, мощность и т.д.)	Единицы измерения	Число	Шифр окружающей среды	Занятость в сутки	Продолжительность использования, мес.	Периодичность, число мес./шт.		Разовая трудоемкость, чел. ч.		Годовые трудозатраты, чел. ч.		
							ТО	ТР	ТО	ТР	ТО	ТР	ОО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Приточная установка П-1: двигатель АО2-32-1, 2,2 кВт, 1500 мин ⁻¹ АП 50 , 10А ПМЕ 122	шт	1	4	24	8	1/7 1/7 1/7	12/11 2/112 /1	0,2 0,25 0,26	7,4 1,75 1,51	1,4 1,75 1,82	7,4 1,75 1,51	1,32 0,53 0,49
2	Электронагреватели П-1	шт	1	4	8	8	2/3	12/1	1,4	9,6	4,2	9,6	2,07
3	Агрегат для приготовления заменителя молока: двигатель АО2-41-4, 4 кВт, 1500 мин ⁻¹ ПМЕ 222	шт	1	4	6	8	1/7 1/7	12/11 2/1	0,2 0,28	7,4 1,58	1,4 1,96	7,4 1,58	1,32 0,531
4	Агрегат для приготовления заменителя молока: двигатель АО2-41-6, 3 кВт, 1500 мин ⁻¹ ПМЕ 222	шт	1	4	6	8	1/7 1/7	12/11 2/1	0,2 0,28	7,4 1,58	1,4 1,96	7,4 1,58	1,32 0,531

5	Агрегат для приготовления заменителя молока: двигатель АО2-11-4, 0,6 кВт, 1500 мин ⁻¹ ПМЕ 222	шт	1	4	6	8								
							1/7	12/11	0,2	7,4	1,4	7,4	1,32	
							1/7	2/1	0,28	1,58	1,96	1,58	0,531	
6	Вакуумный насос УВУ-45 двигатель АО2-41-4, 4 кВт, 1500 мин ⁻¹ ПМЕ 222	шт	4	4	6	8								
							1/7	12/11	0,2	7,4	1,4	7,4	1,32	
							1/7	2/1	0,28	1,58	1,96	1,58	0,531	
7	Молочный насос НУМ-6	шт	1	4	6	8	1/7	12/1	0,5	6,28	3,5	6,28	9,78	
8-11	Транспортер ТСН -3,0Б	шт	1	4	2	8	1/7	12/1	2,87	19,2	40,18	38,04	11,79	
12	Отопительно-вентиляционный агрегат двигателя АО2-12-2, 1, кВт АП 50 , 20А ПМЕ 122	шт	1	4	8	8								
							1/7	12/11	0,2	7,4	1,4	7,4	0,49	
							1/7	2/112	0,25	1,75	1,75	1,75	0,53	
							1/7	/1	0,26	1,51	1,82	1,51	2,07	
		100 м	2,7	4	24	8	3/2	12/1	0,6	9	3,25	24,4	4,15	
		шт	20	4	24	8	3/2	12/1	3,0	8,0	6,0	8,0	2,1	
	Силовой кабель по стенам АПВ 4...10 мм ²	100 м	1,4	4	24	8	3/2	12/1	0,56	8,4	1,5	11,3	1,9	
	Светильники с лампами накаливания	шт	2	4	24	8	1,5/4	12/1	0,4	5,4	3,2	10,8	1,75	
									9,66	115	82,8	185	65	

6. Построение графиков ТО и ТР энергооборудования

Основным документом, по которому организуют техническую эксплуатацию электрооборудования, служит годовой график технического обслуживания и ремонта. При построении графика учитываем особенности сельскохозяйственного производства и задачи ЭНС.

Для обеспечения непрерывности технологических процессов ТО и ТР электрооборудования проводят в технологических перерывах. Выполнение ТР электрооборудования планируют одновременно с ТР технологического оборудования. Сезонные ТО и ТР, а также КР электропроводок животноводческих помещений и зерно токов планируют на период их простоя. Эти работы должны завершаться до начала сезона использования производственного объекта.

Вместе с тем график должен обеспечивать равномерную загрузку электромонтеров в течение суток, месяца и года; минимальные потери времени на

переход и переезды между объектами; соблюдение нормируемой периодичности профилактических мероприятий (отступление не должны превышать $\pm 35\%$).

С целью выполнения перечисленных требований годовой график составляем вначале укрупненного – для производственных объектов в виде графика (рис 5), а затем выравненный в виде графика (рис 6).

Для каждой отрасли рассчитываем годовые трудоемкости ТО, ТР, ОО. Примерная структура трудозатрат на одну У.Е.Э. следующая: ОО – $2 \div 3$ чел-ч/год; ТО – $5 \div 6$ чел-ч/год; ТР – $7 \div 9$ чел-ч/год.

При этом первое значение соответствует круглосуточному, а второе – сезонному использованию электроустановок.

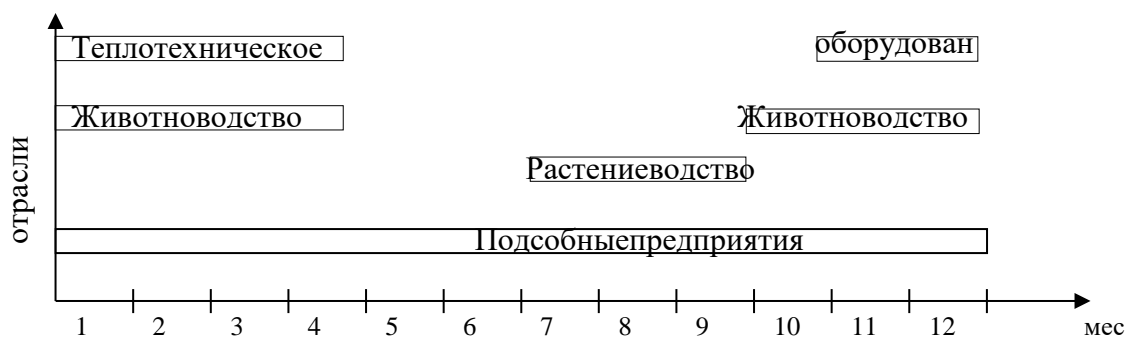


Рисунок 5 - График занятости электроустановок

Расчет годовых трудозатрат.

$$T_{Г.З} = Q_i \cdot g_i$$

где: Q_i - объем работ для каждой отрасли

g_i - трудоемкость

Полученный объем работ для удобства построения графиков ППР переведем в чел.-нед. учитывая при этом, что недельный фонд рабочего времени составляет 40 ч.

$$T = \frac{T_{Г.З}}{40}$$

Результаты сведем в таблицу 7. При определении сроков выполнения, пользуемся графиком занятости электрооборудования (рис. 5).

Определяем расчетную потребность в электромонтерах для выполнения каждого вида работ в разрешенные сроки:

$$N_i = \frac{T_i}{(n_{ni} - n_{ki})},$$

где n_{ni} и n_{ki} - номера недель, в которых планируется начать и закончить i -ю работу.

Таблица 7 - Исходные данные для построения годового графика ППР электрооборудования

Отрасль	Работа			Срок выполнения		Расчетное число электромонтеров
	вид	шифр	Чел-нед	Начало недели	Конец недели	
Животноводство	ТР	1		23	40	
	ТО	2		1;40	23;52	
	ОО	3		1;40	23;52	
Растениеводство	ТР	4		17	28	
	ТО	5		28	40	
	ОО	6		28	40	
Подсобные предприятия	ТР	7		1	52	
	ТО	8		1	52	
	ОО	9		1	52	

По данным таблицы строим первый вариант графика. Откладываем по горизонтальной оси продолжительность по номеру работы, а по вертикальной – соответствующее число электромонтеров.

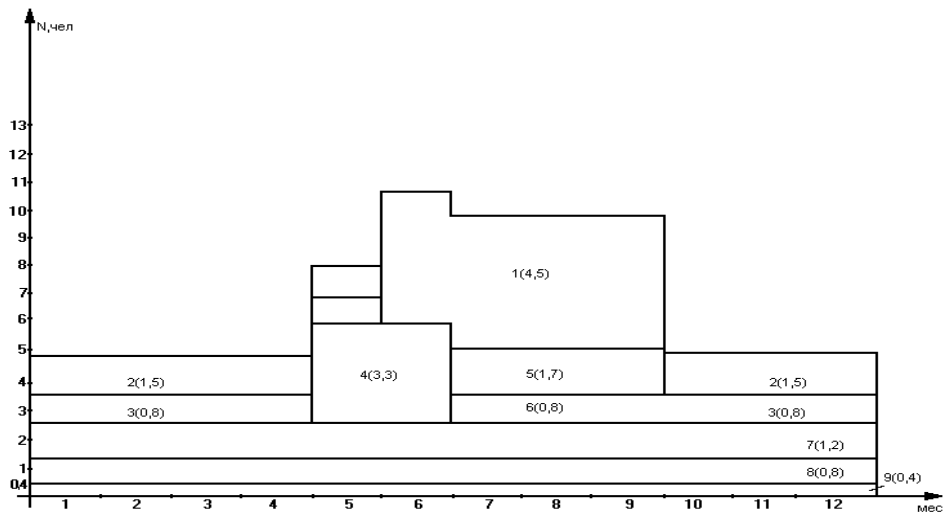
Определяем коэффициент неравномерности, оценивающий качество полученного графика:

$$K_n = \frac{\Delta N \Delta n_m}{T_r},$$

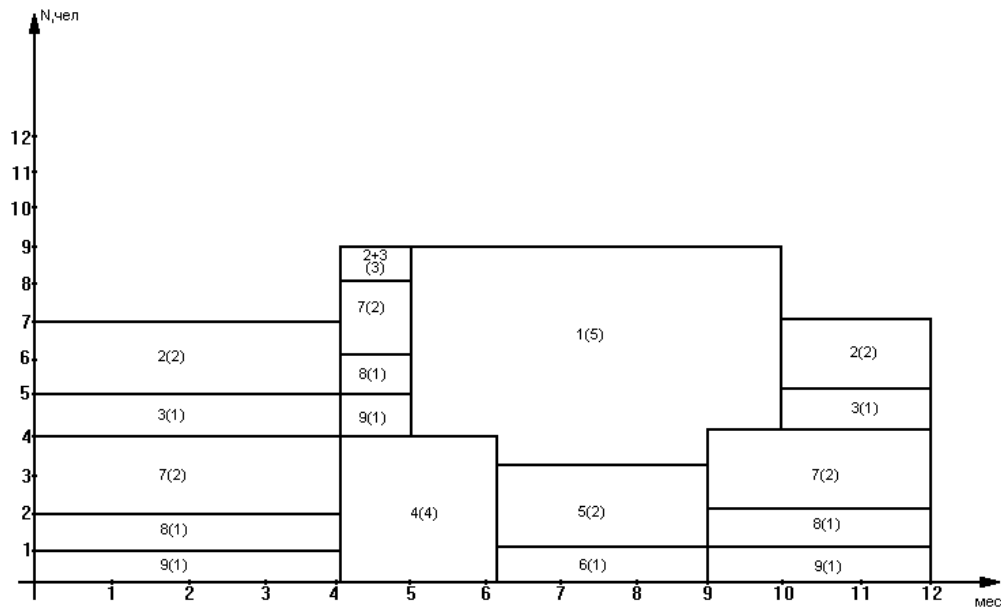
где $\Delta N = N - N$ - потребность в дополнительных электромонтерах; Δn_m – продолжительность максимума графика.

Далее выравниваем и строим окончательный график ППР и определяем его коэффициент неравномерности.

Результаты записываем в таблицу 7. По данным таблицы 7 строим график ТО и ТР (рис.6).



а)



б)

Рисунок 6 - Графики ППР:

а – укрупненный график ТО и ТР, б – выравненный график ТО и ТР.

7. Расчет трудозатрат, штатного состава и выбор рациональной структуры ЭНС

Среднегодовое число электромонтеров определяем по суммарным трудозатратам ЭНС, делая допущение об их равномерной загрузке:

$$\bar{N} = (T_1 + T_2 + T_3) \cdot k_l / \Phi,$$

где T_1 - годовые трудозатраты на техническую эксплуатацию; T_2, T_3 - трудоемкости работ электромонтеров из второго и третьего разделов ГПП; k_l - коэффициент удаленности электрооборудования (при $l=2\text{км}$, $k_l = 1.05$); Φ - годовой фонд рабочего времени, ч.

Годовой фонд рабочего времени определяется в следующем порядке: припятидневной рабочей недели, определим количество рабочих дней.

$$d_p = d_k - d_n \cdot 2 - d_{\text{п}}$$

где: d_p - количество рабочих дней в году; d_k - количество календарных дней в году; d_n - количество недель в году, $d_{\text{п}}$ - количество праздничных дней в году, согласно КЗОТ.

Действительный количественный фонд рабочего времени может быть определен по формуле:

$$\Phi_d = ((d_p - d_o) \cdot t - n \cdot d_{\text{пп}}) \cdot \eta_p$$

где: d_o - количество отпускных дней в году, согласно КЗОТ $d_o = 24$; t - средняя продолжительность рабочей смены (при двух выходных днях в неделю - 8 часов). n - число часов, на которое укорочен праздничный день (обычно 1 час). $d_{\text{пп}}$ - количество предпраздничных дней в году, согласно КЗОТ $d_{\text{пп}} = 6$. η_p - коэффициент, учитывающий потери рабочего времени по уважительным причинам, $\eta_p = 0.93 \dots 0.96$.

Максимальное потребное число электромонтеров N_{max} определяем по выровненному графику ППР (Рис.6) путем суммирования расчетного числа исполнителей, вошедших в пиковый период графика.

Расчет среднегодового числа электромонтеров основывается на предположении о том, что каждый вид работ для каждого вида ЭО строго соответствует нормируемой трудоемкости, а каждый час рабочего времени с нормируемой производительностью, но практика показывает, что такое допущение не выполняется.

Если для некоторого двигателя трудозатраты на ТР равны нормативному значению, то для другого однотипного двигателя в силу неизбежного отличия качества монтажа, составных элементов и других свойств затраты будут иметь другое значение. Поэтому

для ЭО, выбранного наугад из множества однотипных изделий, трудозатраты на техническую эксплуатацию будут отличаться от нормативного значения. Следовательно, фактический объем работ ЭНС так же не будет совпадать с расчетным.

В то же время электромонтеры как исполнители отличаются один от другого способностями, опытом, квалификацией и другими признаками, поэтому одна и та же работа разными электромонтерами будет выполняться за разное время, т.е. индивидуальная производительность, следовательно, и годовой фонд рабочего времени - случайные величины. Для учета данных особенностей определяем гарантированное число электромонтеров, обеспечивающих выполнение максимально возможного объема работ при наихудших условиях:

$$N_{г} = N (1 + \rho \cdot k_a)(1 + \rho \cdot k_{\phi})$$

где: N - среднегодовое число электромонтеров; ρ - оценка доверительного интервала измерения случайных величин, $\rho = 1 \dots 3$; k_a - коэффициент вариации объема работ исполнителей, $k_a = 0.05 \dots 0.10$; k_{ϕ} - коэффициент вариации производительности исполнителей, $k_{\phi} = 0.07 \dots 0.15$.

Окончательное решение о количестве электромонтеров принимаем при обосновании структуры ЭНС, и оно должно находиться в пределах от N до $N_{г}$.

Постоянный рост уровня электрификации и автоматизации агропромышленного комплекса в условиях кооперации и специализации производства приводит к росту объемов работ по технической эксплуатации энергетического оборудования и усложняет функции управления ЭНС. Поэтому выбрать наиболее рациональную структуру управления формой эксплуатации энергоустановок.

Различают функциональную, территориальную и комбинированную (гибкую) структуры ЭНС.

Функциональная структура ЭНС. В ее основе лежит распределение исполнителей и материально-технических ресурсов по видам выполняемых работ (функций). Для этого создаются специализированные подразделения (участки, бригады, группы), которые выполняют только свои виды работ, но на всех объектах.

Территориальная структура ЭНС. В ее основе лежит распределение исполнителей по объектам хозяйства (отделениям, бригадам, фермам, комплексам). При этом выделенные

группы исполнителей осуществляют все эксплуатационные работы, но только на своих участках.

Гибкая структура ЭНС предполагает возможность ее перестройки в течении года в зависимости от номенклатуры и объема работ, приходящихся на тот или иной сезон. При этом чередуют функциональную и территориальную структуры или применяют их комбинации.

Обоснование структуры ЭНС можно выполнить графическим методом по номограмме приведенной на рисунке 7. Средний коэффициент занятости определим при помощи следующего выражения:

$$k_3 = \frac{\sum m_i \cdot h_i}{12 \sum h_i}$$

где: h_i - число электрифицированных объектов;

m_i - число месяцев использования в году;

$\sum h_i$ - всего электрифицированных объектов в хозяйстве

Для примера выбираем структуру ЭНС по следующим данным: число видов работ ГПП – 4, число отделений – 1, $k_3 = 0,78$, $N = 4$ чел.

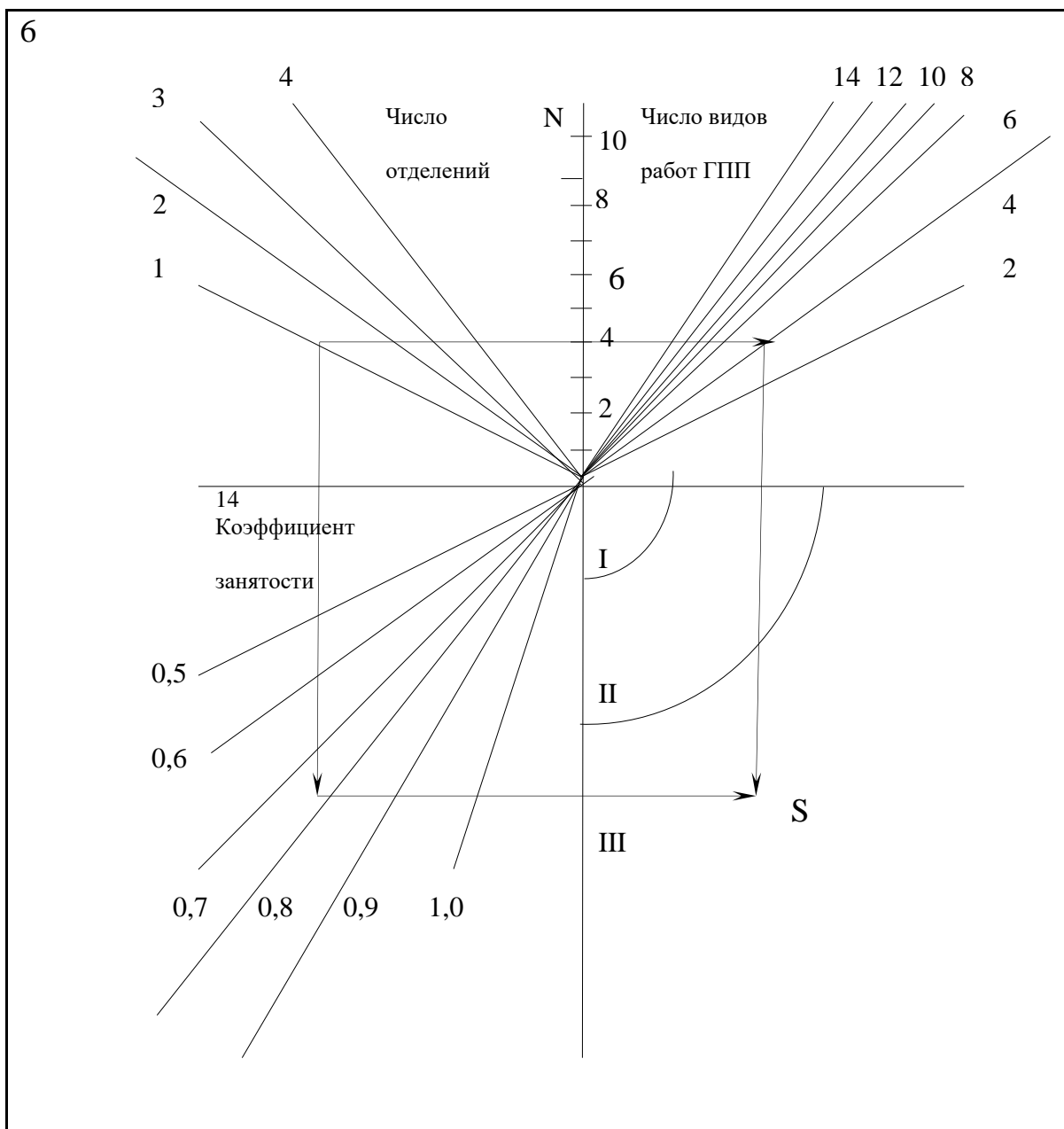


Рисунок 7 - Номограмма для выбора структуры ЭНС:
 I, II, III – зоны территориальной, гибкой и функциональной структур.

Вывод: По номограмме структуры ЭНС для наших данных рациональной структурой ЭНС является – функциональная. В ней более полно используется индивидуальное мастерство исполнителей и снижается потребность в кадрах высокой квалификации. Улучшается использование дорогостоящих технических средств и зданий.

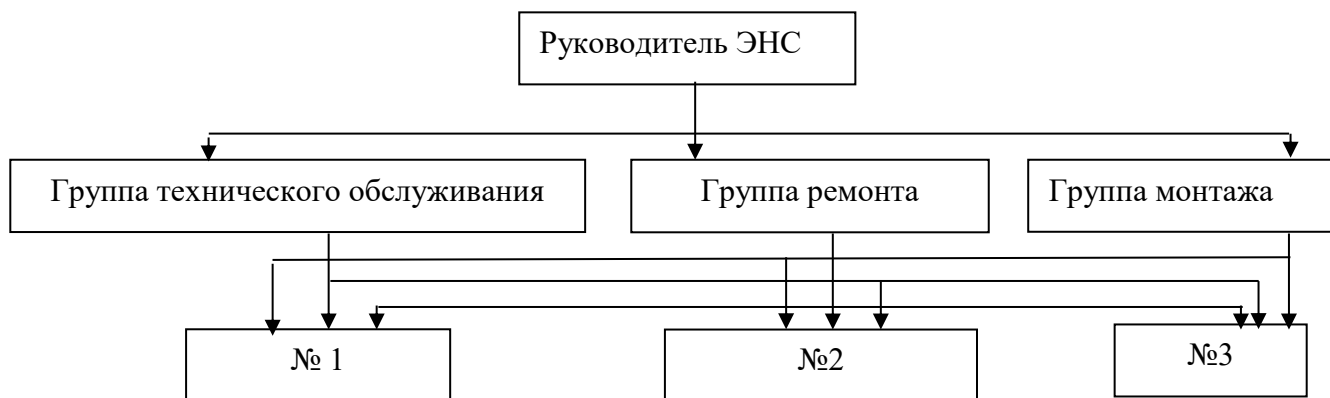


Рисунок 8 - Структурная схема функциональной ЭНС.

8. Разработка компоновки пункта технического обслуживания и ремонта энергооборудования

Пункт технического обслуживания и ремонта энергооборудования (ПТОРЭ) предназначен для проведения текущего ремонта всех видов электрооборудования, настройки и испытание ПЗА, хранение инструмента, материалов и запасных частей.

Место размещения ПТОРЭ определяют при обследовании хозяйства. Рекомендуется выбирать для этих целей существующие помещения, которые можно переоборудовать для выполнения требуемого комплекса работ.

Проектирование ПТОРЭ включает:

- расчет производственных площадей
- выбор технологической компоновки и состава участков
- выбор технических средств
- подготовку документации по электрификации объекта.

Площадь ПТОРЭ определяем исходя из числа условных единиц электрооборудования в хозяйстве:

$$F = f \cdot Q_{\text{э}}$$

где f - норма площади на у.е.э.; $f = 0.1$ при $Q_{\text{э}} \leq 1000$ у.е.э.; $f = 0.08$ при $Q_{\text{э}} > 1000$

у.е.э.

Компоновку пункта осуществляем применительно к замкнутым схемам технологии ремонта. Ориентировочно принимаем следующие распределения площадей между основными участками:

- 1) Очистки и разборки – 10%

- 2) Ремонт силового ЭО – 30%
- 3) Ремонт пускозащитных устройств – 15%
- 4) Пропитки и сушки обмоток – 10%
- 5) Склады – 15%
- 6) Помещения для персонала – 20%

Компоновку ПТОРЭ необходимо привести на листе формата А3 графической части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная литература (библиотека Вавиловского университета)

№ п/п	Наименование, ссылка для электронного доступа или кол-во экземпляров в библиотеке	Автор(ы)	Место издания, издательство, год	Используется при изучении разделов (из п. 4, таб. 3)
1	2	3	4	5
1.	Эксплуатация электрооборудования. Задачник: учебное пособие - Текст: электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2210906 – Режим доступа: по подписке.	В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, Ю.А. Медведько.	Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2025. — 176 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-741-1.	1-3
2.	Эксплуатация, диагностика и ремонт электрооборудования: учебное пособие / Текст: электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2168887 – Режим доступа: по подписке.	В.И. Полищук	Москва : ИНФРА-М, 2025. — 203 с. : ил. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1039250.	1-3

б) дополнительная литература

№ п/п	Наименование, ссылка для электронного доступа или кол-во экземпляров в библиотеке	Автор(ы)	Место издания, издательство, год	Используется при изучении разделов (из п. 4.3)
1	2	3	4	5
1.	Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем[Текст]: учебник 43 экз.	Р. А. Амерханов, Г. П. Ерошенко, Е. В. Шелиманова.	М.: Энергоатомиздат, 2008. - 448 с. - ISBN 978-5-283-03283-2	1-3
2.	Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие /— - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2222166 – Режим доступа: по подписке.	Н.В. Грунтович.	Москва: ИНФРА-М, 2025. — 271 с.: ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-021189-3.	1-3

в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Официальный сайт ФГБОУ ВО Вавиловский университет - <https://www.vavilovsar.ru/>;
- Помощь по гостам - <http://www.gosthelp.ru/text/PUEPravilaustrojstvaelekt2.html>
- Школа для электрика <http://electricalschool.info/main/lighting/1063-kompensacija-reaktivnoj-moshhnosti-v.html>
- Тепловод <http://teplovod.ru/articles.php?id=85>
- Информационно-правовой портал <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/lq-praktika/f6n.htm>
- Теплоэнергетические установки: нормативные акты <http://www.e-reading.biz/book.php?book=129707>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н.И. Вавилова

Кафедра _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине «Проектирование энергетической службы»

ТЕМА: «_____»

Направление подготовки:

Курс: __

Группа: _____

Выполнил: _____

Проверил: _____

Саратов, 2026