



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**А.В. Малафеев**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск  
2018

УДК 621.311

**Рецензенты:**

кандидат технических наук,  
начальник цеха электрических сетей и подстанций  
ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»  
**Н.А. Николаев**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники,  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»  
**В.В. Шохин**

**Малафеев А.В.**

**Организация эксплуатации и ремонта электроэнергетического оборудования** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Алексей Вячеславович Малафеев ; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (0,63 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9967-1424-7

Учебное пособие предназначено для самостоятельного изучения теоретического материала по дисциплине «Организация эксплуатации и ремонта электроэнергетического оборудования».

Ориентировано на магистрантов направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Менеджмент в электроэнергетике».

УДК 621.311

ISBN 978-5-9967-1424-7

© Малафеев А.В., 2018

© ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова», 2018

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СХЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИХ РАБОТОЙ.....	6
1.1. Производственные цеха и персонал электростанций.....	6
1.2. Оперативное управление электростанцией .....	8
2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И СХЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИХ РАБОТОЙ...9	
2.1. Структурные элементы производственных отделений электрических сетей.....	9
2.2. Оперативное обслуживание электрических сетей.....	11
2.3. Техническая и оперативная документация.....	14
2.4. Деятельность ПАО «Россети».....	15
3. ЦЕЛЕВАЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЕЭС РОССИИ.....	18
3.1. Основные понятия и определения.....	18
3.2. Функциональные полномочия .....	20
4. ВИДЫ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	23
4.1. Планово-предупредительный ремонт электрооборудования .....	23
4.1.1. Причины планово-предупредительного ремонта .....	23
4.1.2. Виды и методы обслуживания и ремонта.....	23
4.1.3. Периодичность ППР .....	25
4.2. Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования промышленных предприятий.....	25
4.2.1. Схема ТОиР .....	25
4.2.2. Планирование работ по ТОиР электрооборудования.....	28
4.2.3. Ведение документации и анализ соблюдения регламента ТОиР электрооборудования.....	28
5. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ.....	29
5.1. Общие сведения о методе сетевого планирования .....	29
5.2. Организация ППР на электростанциях и в электрических сетях.....	30
5.2.1. Формы организации ремонта.....	30
5.2.2. Планирование ремонта и подготовка к ремонту.....	32
5.2.3. Производство ремонтных работ и их механизация.....	32
5.2.4. Приемка оборудования из ремонта .....	33
5.3. Применение метода сетевого планирования при разработке графиков ремонта электроэнергетического оборудования.....	34
5.3.1. Элементы сетевого графика.....	34
5.3.2. Создание сетевой модели .....	35
5.3.3. Оптимизация сетевого графика .....	39
6. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АО «ЭЛЕКТРОСЕТЬСЕРВИС ЕНЭС».....	42
6.1. Общие сведения.....	42
6.2. Организационная структура.....	42
6.3. Выполняемые работы .....	46
6.4. Деятельность в рамках СРО .....	48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	51

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для магистрантов направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», обучающихся по магистерской программе «Менеджмент в электроэнергетике». Оно ориентировано в первую очередь на изучение теоретического раздела дисциплины «Организация эксплуатации и ремонта электроэнергетического оборудования» и может быть полезно при выполнении научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы в зависимости от выбранной тематики исследований.

При разработке пособия учтены существующие подходы к формированию организационной структуры электростанций и электросетевых предприятий, а также принципы организации оперативно-диспетчерского управления, используемые на объектах электроэнергетики Российской Федерации. Серьезное внимание уделено одному из основных методов организации ремонтных работ – методу сетевого планирования.

С целью улучшения усвоения теоретического материала, посвященного разработке графиков проведения ремонтных работ, в соответствующих разделах приведены примеры по каждому из этапов сетевого планирования.

При составлении учебного пособия использован опыт, накопленный при чтении лекций по данной дисциплине.

## ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика является специфической отраслью, для которой характерны такие свойства, как одновременность производства и потребления производимого продукта, невозможность складирования, единство процесса производства, передачи и потребления электроэнергии, а также общее управление этим процессом для всех объектов электроэнергетики, входящих в энергетическую систему. Названные особенности приводят к существенному отличию организационной структуры энергопредприятий от структуры, принятой в большинстве отраслей промышленности. Особое значение имеет оперативно-диспетчерское управление, являющееся общим для всех объектов ЕЭС России.

На объектах энергетики в настоящее время используется как система планово-предупредительных ремонтов, так и система технического обслуживания и ремонтов, включая проведение ремонтов по техническому состоянию на основе непрерывного мониторинга. При любой принятой системе проведения ремонтов правильная организация работ является сложной научно-технической задачей, требующей применения специализированных подходов. Одним из наиболее распространенных подходов является метод сетевого планирования, который успешно используется в условиях электростанций, электрохозяйства цехов промышленных предприятий, включая энергоцеха и т.д. Освоение этого материала является обязательным для магистра-электроэнергетика.

В базовом конспекте лекций рассмотрена общая производственная структура наиболее распространенного вида электростанций – тепловых электростанций, приведена структура административно-технического и оперативного управления электроцехом ТЭС, а также дана структура оперативного управления электростанцией в целом с разделением по цехам. Дается производственная структура и структура оперативного управления электросетевого предприятия, рассмотрены отличия при использовании функционального и территориального подходов, а также формы обслуживания при наличии постоянного обслуживающего персонала и при других формах дежурства.

Рассмотрены основные системы проведения ремонтов – ППР и ТОиР. Охарактеризованы виды и периодичность ремонта в том и в другом случае, общие подходы к планированию ремонтов, используемая документация. Дается характеристика централизованной и децентрализованной формы ремонта, комплексной и специализированной формы, ремонта подрядным методом и хозяйственным способом. Рассмотрены вопросы подготовки к ремонту и приемки оборудования из ремонта.

Изложены основные положения метода сетевого планирования. Рассмотрены вопросы составления сетевого графика на основе имеющегося перечня работ и их технологической взаимосвязи; вопросы выявления критического пути и определения количественных показателей сетевой модели, включая расчет резервов времени. Описаны методы оптимизации сетевого графика, основанные на сокращении продолжительности критического пути и на выравнивании графика использования трудовых ресурсов.

# 1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СХЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИХ РАБОТОЙ

## 1.1. Производственные цеха и персонал электростанций

Производственная структура электростанции создается с учетом ее типа, мощности, вида используемого топлива и технологических особенностей. Для управления производственными процессами электростанции организуют работу соответствующих производственных цехов, персонал которых можно условно разделить на следующие категории:

1) оперативный (сменный) персонал – осуществляет надзор за оборудованием, проводит круглосуточное и периодическое его обслуживание [3];

2) цеховой обслуживающий и ремонтный персонал – выполняет ремонтные работы, заменяет и модернизирует оборудование, проводит мероприятия по улучшению эксплуатации оборудования;

3) лабораторный персонал – проводит профилактические испытания и проверки.

Каждый цех обеспечивает управление отдельными стадиями энергетического производства. Например, на тепловых электростанциях стадией превращения кинетической энергии в механическую управляет котлотурбинный цех (в некоторых случаях – котельный и турбинный или машинный цеха); превращением механической энергии в электрическую – электрический цех и т.д.

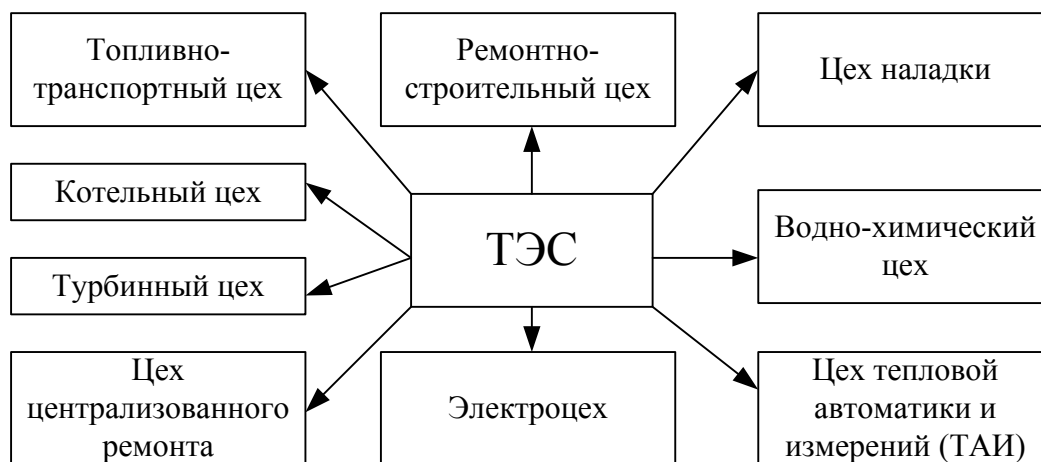


Рис. 1.1. Производственная структура тепловой электростанции

Кроме производственных цехов на электростанциях создают функциональные отделы – планово-экономический, производственно-технический, охраны труда и техники безопасности и др.

На ГЭС большой мощности, как правило, функционируют гидротехнический, турбинный, электрический и др. цеха. При наличии на участке реки каскада ГЭС создают общее административно-техническое управление.

Всеми техническими вопросами эксплуатации на электростанции ведает главный инженер, которому подчинены все цеха, лаборатории и производственно-технический отдел (ПТО).

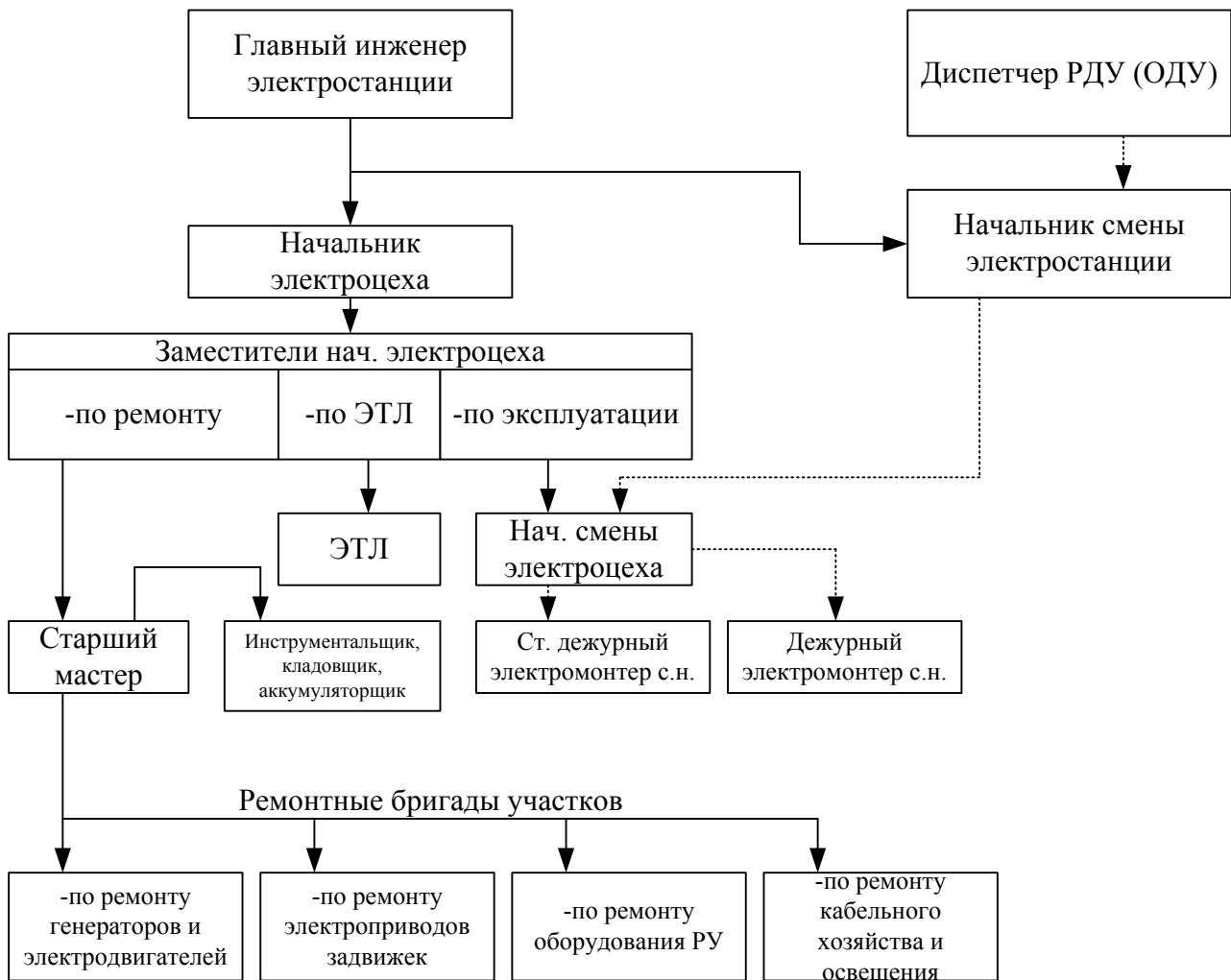


Рис. 1.2. Структура управления электроцехом ТЭС

Электроцех отвечает за работу генераторов и всего электрооборудования станции, а также за эксплуатацию релейной защиты и автоматики, измерительных приборов, телемеханики и связи. В структуру цеха входят электроремонтная, монтажная и трансформаторные мастерские, масляное хозяйство генераторов и трансформаторов, электротехническая лаборатория. Электроцех выполняет работы по профилактике и ремонту двигателей всех механизмов электростанции, хотя их эксплуатацию осуществляет персонал других цехов.

Персонал электроцеха подразделяется на эксплуатационный и ремонтный. В административно-техническом отношении персонал электроцеха подчинен начальнику цеха, а дежурный персонал, кроме того, подчинен дежурному инженеру (начальнику смены) станции. В цехе имеются производственные участки, которые возглавляют мастера. На каждом участке мастер руководит работой ремонтных бригад. Он несет ответственность за выполнение плана и качество ремонта, использование материалов, рабочей силы и фонда заработной платы. Мастер ведет первичную документацию ремонтных работ, отвечает за соблюдение персоналом требований безопасности и состояние охраны труда на участке.

## 1.2. Оперативное управление электростанцией

Во главе оперативного персонала электростанции стоит начальник смены (дежурный инженер станции, ДИС или НСС). ДИС, осуществляя оперативное руководство эксплуатацией всей станции, является старшим оперативным лицом в смене [3]. Его распоряжения должен неукоснительно исполнять оперативный персонал всех цехов. В административно-техническом отношении ДИС подчиняется главному инженеру станции и по его указанию организует работу по технической эксплуатации оборудования. В то же время он подчиняется в оперативном отношении диспетчеру энергосистемы (дежурному диспетчеру филиала АО «Системный оператор ЕЭС» соответствующего уровня). Все распоряжения дежурного диспетчера о переключениях в электрической части станции, по регулированию режима работы генераторов (а следовательно, турбин) непосредственно выполняет персонал электроцеха (начальник смены, старший дежурный электромонтер).

На ТЭС блочного типа обслуживание электрической части энергоблока, находящейся на блочном щите управления (БЩУ), выполняет специально обученный персонал котлотурбинного цеха (ст. машинист, машинист), а переключения в РУ на оборудовании энергоблока выполняет персонал электроцеха.

Оперативный персонал во время дежурства несет ответственность за правильное обслуживание и безаварийную работу оборудования на закрепленном участке.

Во время дежурства начальник смены электроцеха и дежурные электромонтеры обходят производственные помещения и осматривают электрооборудование. Обход производится по специально составленному графику. При осмотре оборудования проверяют:

- режим его работы;
- состояние схемы электрических соединений;
- действие предупредительной и аварийной сигнализации;
- исправность рабочего и аварийного освещения;
- состояние зданий и конструкций;
- наличие спасательного инвентаря и средств пожаротушения.

Кроме того, дежурный персонал специально осматривает оборудование:

- после коротких замыканий и автоматических отключений;
- при сильном дожде;
- при резких изменениях температуры наружного воздуха.

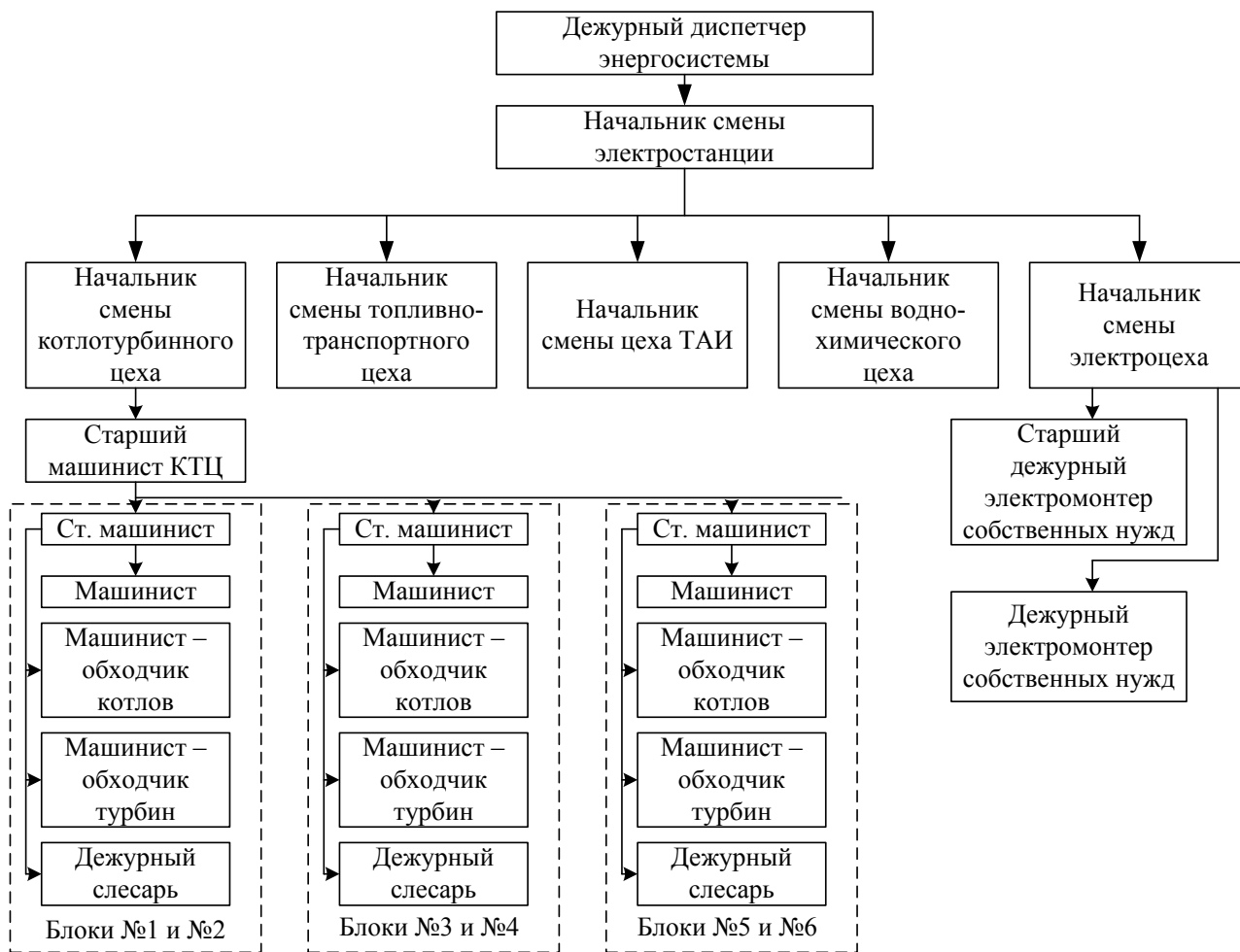


Рис. 1.3. Структура оперативного управления электростанцией

Нагрев контактов и ненормальное коронирование в ОРУ проверяют в ночное время или днем с помощью тепловизоров. О результатах осмотров сообщают начальнику смены и делают запись в журнале.

## 2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И СХЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИХ РАБОТОЙ

### 2.1. Структурные элементы производственных отделений электрических сетей

Основным структурным подразделением распределительных сетевых компаний (например, ПАО «Межрегиональная распределительная сетевая компания Урала» с филиалами «Челябэнерго», «Свердловэнерго», «Оренбургэнерго»; ООО «Башкирэнерго» в составе АО «Башкирская электросетевая компания» и т.д.) является производственное отделение электрических сетей (ПОЭС, часто в литературе используется термин «предприятие электрических сетей»). В разных региональных энергосистемах их количество может меняться от 2 до 15 в зависимости от территории, которую охватывают электрические сети энергосистемы, числа и мощности подстанций, протяженности и напряжения воздушных линий, транспортных условий, характера и числа потребителей и т.д.

Производственная структура ПОЭС строится с учетом приближения производственных подразделений к обслуживаемым объектам [3]. Она может создаваться в виде территориальной системы, когда ВЛ, КЛ, подстанции, линии связи, находящиеся на определенной территории, входят в состав районов или участков электрических сетей (РЭС или УЭС), или в виде функциональной системы, когда элементы электрических сетей закрепляются за производственными службами, эксплуатирующими их (линии – за службой линий, трансформаторы – за службой подстанций и др.). Возможно применение смешанной системы, когда отдельные объекты закрепляются за службами (например, линии и подстанции напряжением 35–110 кВ), а остальные – за РЭС (УЭС), например, линии напряжением 0,4–10 кВ и ТП 6–10/0,4 кВ.

Территориальная система предполагает наличие крупных сосредоточенных подстанций и линий, удаленных от центра ПОЭС более, чем на 50 км. Функциональную систему применяют в условиях более значительного удаления обслуживаемых объектов от ремонтно-производственной базы (РПБ) ПОЭС.

При любой системе производственного управления в составе ПОЭС создаются производственные службы и отделы. Организационная структура и штаты определяются категорией, которая зависит от объема ремонтно-технического обслуживания. Объем оценивается в условных технических единицах.

В составе каждого ПОЭС имеется:

- оперативно-диспетчерская служба со своим диспетчерским пунктом;
- служба подстанций, осуществляющая повседневную эксплуатацию подстанций напряжением 35 кВ и выше с помощью соответствующих эксплуатационных участков (групп подстанций). Служба подстанций проводит текущий и капитальный ремонт оборудования, модернизацию и другие работы силами своих ремонтных бригад или с помощью специализированных организаций;
- профилактические испытания и проверки выполняют специальные службы изоляции и защиты от перенапряжений (или грозозащиты), а также службы релейной защиты, автоматики, измерений, телемеханики;
- служба линий электропередачи осуществляет надзор и производит ремонт ВЛ с помощью ремонтно-механизированных станций (РМС), организуемых по территориальному признаку;
- для эксплуатации распределительных сетей, их подстанций и ТП напряжением 0,4–10 кВ сельского и районного значения может создаваться служба распределительных сетей.

**Район (участок) электрических сетей** – производственное подразделение, обслуживающее все виды электроустановок (или их часть) на закрепленной за ним территории. РЭС занимается обслуживанием линий электропередачи напряжением 0,4–10 кВ и ТП 6–10/0,4 кВ, а в ряде случаев – и линий напряжением 35–110 кВ, а также подстанций с более высоким напряжением.

**Служба** – специализированное производственное подразделение, централизованно выполняющее производственные функции. Например, служба линий занимается эксплуатацией и ремонтом линий 35 кВ и выше, служба подстанций – эксплуатацией, ремонтом и оперативным обслуживанием подстанций напряжением 35 кВ и выше.

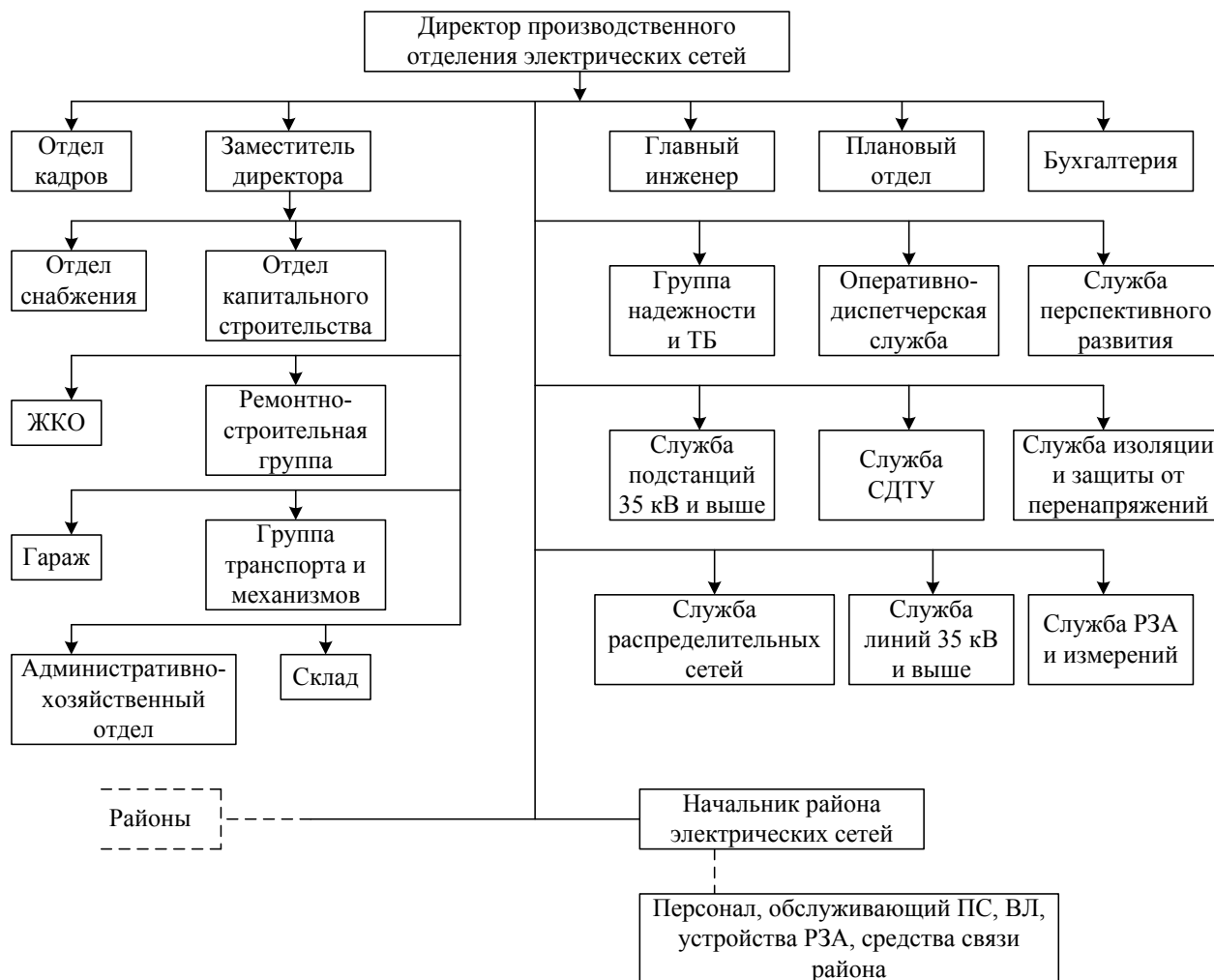


Рис. 2.1. Схема территориального административно-технического управления производственным отделением электрических сетей

## 2.2. Оперативное обслуживание электрических сетей

Обслуживанием оборудования подстанций в электрических сетях выполняет дежурный персонал, закрепленный за этими подстанциями, под руководством диспетчера электрических сетей (производственного отделения, района; на более высоких уровнях управления – центра управления сетями, ЦУС) или диспетчера энергосистемы [3].

При этом могут применяться три формы обслуживания:

- 1) дежурство персонала на подстанции;
- 2) дежурство персонала на дому;

3) обслуживание групп подстанций оперативно-выездными бригадами (ОВБ) и оперативно-ремонтным персоналом (ОРП).

**Первая** форма обслуживания предусматривает круглосуточное дежурство персонала на подстанции (на щите управления или в специально отведенном помещении на территории подстанции). Круглосуточное дежурство обязательно устанавливается на ответственных узловых подстанциях. Как правило, используется двухсменный четырехбригадный график.

При **второй** форме обслуживания персонал несет дежурство на дому, где имеется телефон и специальная сигнализация для вызова, срабатывающая при перегрузке и автоматическом отключении оборудования. По ее сигналу дежурный проверяет состояние оборудования и восстанавливает нормальный режим его работы. Во время дежурства дежурный периодически осматривает оборудование и выполняет плановые работы. При такой форме оперативного обслуживания достаточно иметь двух дежурных на каждую подстанцию.

**Третья** форма применяется на подстанциях без постоянного обслуживающего персонала. В этом случае централизованное обслуживание групп подстанций выполняет персонал ОВБ. Она может применяться в РЭС, обслуживающих сети напряжением 0,4–10 кВ, распределительные подстанции 6–10 кВ, ТП 6–10/0,4 кВ, линии 0,4–10 кВ, где ОВБ устраняют небольшие повреждения.

В ПОЭС с большим количеством подстанций с высшим напряжением 35 кВ и выше, расположенных на значительной территории с большим числом линий напряжением 6–10 кВ, принадлежащих непосредственно районам электрических сетей, применяют смешанную структуру управления подстанциями, закрепляя их обслуживание за диспетчером РЭС через оперативно-выездные бригады РЭС.

В некоторых случаях оперативное обслуживание подстанций без дежурного персонала выполняет специально обученный и допущенный к оперативной работе ремонтный персонал. Такую форму обслуживания целесообразно, например, применять в период массового ремонта оборудования, когда ОВБ загружены работой. В этом случае мастер или инженер службы подстанций, прибывший для выполнения ремонтных работ, не только руководит ремонтом оборудования, но и при необходимости выводит его из работы, подготавливает рабочие места и допускает к работе бригады. По окончании ремонта оборудование вводится в работу тем же лицом.

Эффективность обслуживания подстанций без постоянного дежурного персонала повышается благодаря использованию телемеханики. По каналам связи от устройств телесигнализации информация об отключениях оборудования или нарушениях нормального режима работы поступает на диспетчерский пункт электрических сетей или на базисную подстанцию, где имеется дежурный. По полученной информации устанавливают характер нарушения и определяют срочность выезда на подстанцию ОВБ.

На рис. 2.2–2.4 пунктирными линиями показаны административно-технические взаимосвязи, сплошными – оперативные.

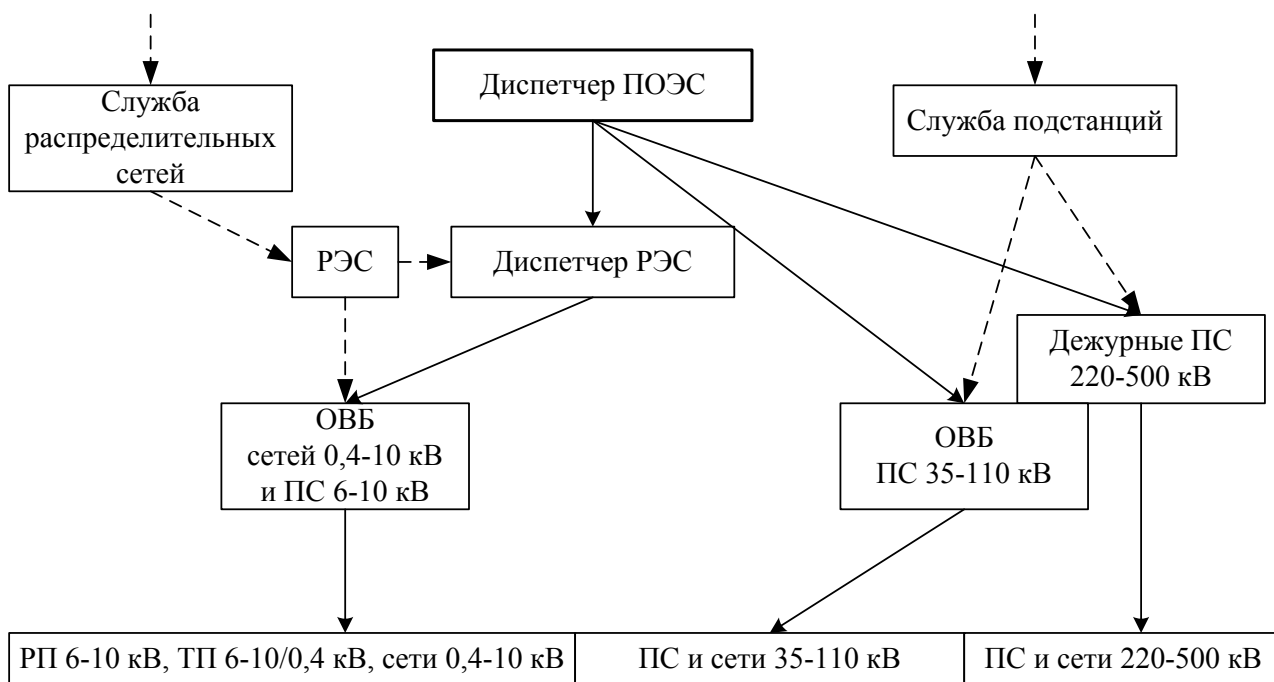


Рис. 2.2. Схема оперативного управления в ПОЭС при функциональной производственной структуре

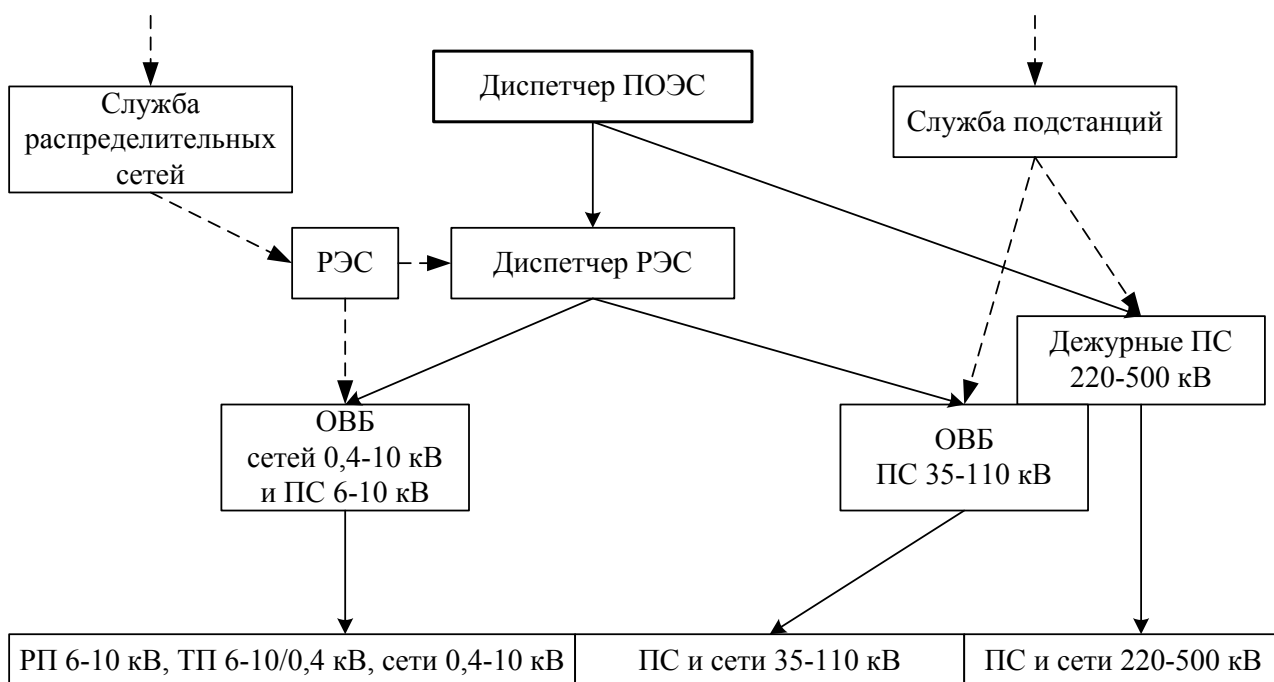


Рис. 2.3. Схема оперативного управления в ПОЭС при территориальной производственной структуре

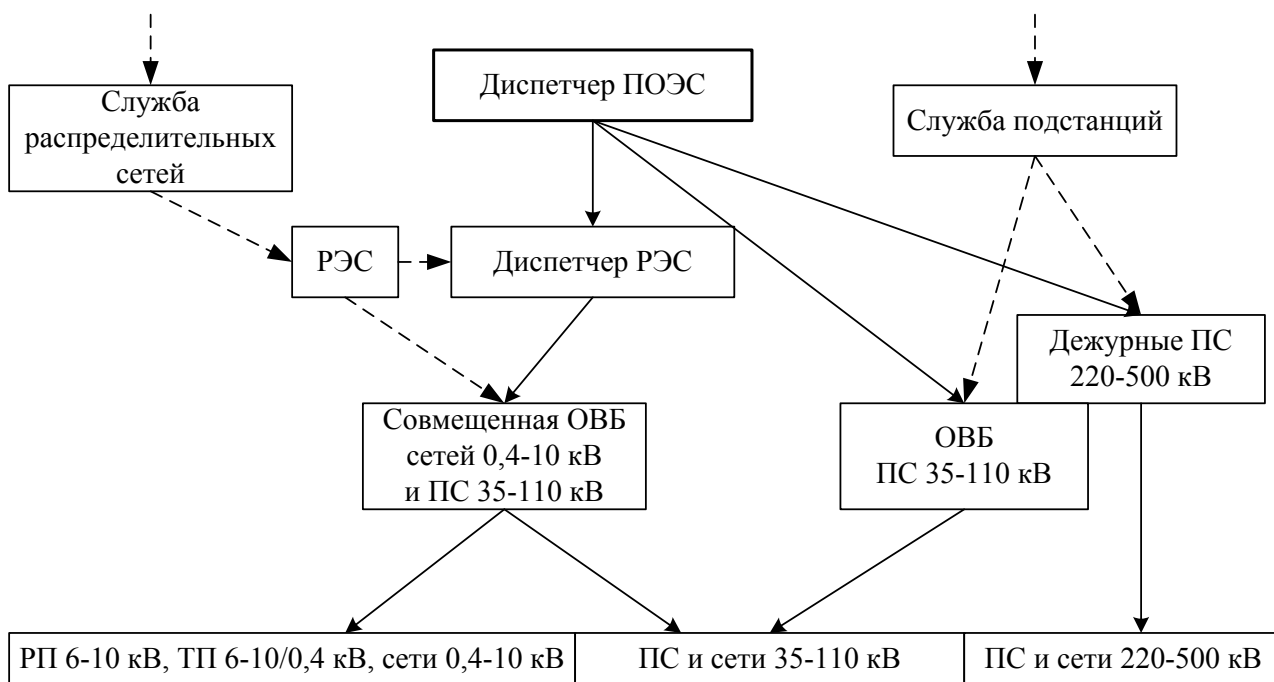


Рис. 2.4. Схема оперативного управления в ПОЭС при смешанной производственной структуре

### 2.3. Техническая и оперативная документация

На электросетевых предприятиях и электростанциях ведется следующая документация [3]:

- 1) технический паспорт всего энергообъекта с исполнительными чертежами оборудования и схемами первичных и вторичных электрических соединений;
- 2) технические паспорта установленного оборудования;
- 3) инструкции по обслуживанию оборудования и должностные инструкции по каждому рабочему месту;
- 4) оперативная документация.

Технический паспорт составляется отдельно по каждому виду основного и вспомогательного оборудования. Он содержит параметры и технические характеристики этого оборудования. В процессе обслуживания в паспорт записывают результаты текущего и капитального ремонта, испытаний и проверок. Записи подтверждаются актами и протоколами испытаний.

Инструкции подразделяются на должностные; по эксплуатации оборудования и вторичных устройств; выполнению оперативных переключений; ликвидации аварий; тушению пожара и т.д. Инструкциями обеспечивают все рабочие места на станциях, подстанциях и диспетчерских пунктах. В должностных инструкциях излагаются требования к персоналу, занимающему определенное рабочее место, указываются его обязанности, подчиненность и ответственность. В инструкциях по эксплуатации оборудования и вторичных устройств указывается порядок пуска, остановки и обслуживания оборудования, порядок

допуска к ремонтным работам, порядок операций с устройствами релейной защиты и автоматики. В инструкциях по выполнению оперативных переключений и ликвидации аварий на станциях и подстанциях приводится последовательность действий оперативного персонала с коммутационными аппаратами в нормальном и аварийном режимах при изменениях схем электрических соединений и отделении очагов аварий.

К оперативной документации относятся:

1) оперативный журнал – для записи в хронологическом порядке оперативных распоряжений и сообщений об их выполнении. В нем фиксируются операции с коммутационными аппаратами и устройствами РЗА, операции по наложению и снятию защитных заземлений, сведения о нарушении режимов работы оборудования. При отсутствии специального журнала допуска ремонтных бригад в оперативный журнал записывают время начала и окончания работы ремонтным и обслуживающим персоналом;

2) журнал дефектов и неполадок оборудования – для записи обнаруженных дефектов, устранение которых необходимо;

3) журнал релейной защиты, автоматики и телемеханики – для записи результатов профилактического контроля, опробований и проверок вторичных устройств;

4) карты уставок релейной защиты и автоматики – для записи уставок, выполненных на реле защиты и автоматики (вместо журнала РЗА для этих целей рекомендуется применять именно карту устройства РЗА, которая хранится на энергообъекте);

5) журнал распоряжений – для записи руководящим персоналом распоряжений и указаний, имеющих длительный срок действия;

6) оперативная схема первичных соединений – для отражения положения коммутационных аппаратов, соответствующего схеме нормального режима на определенный период суток, а также всех изменений, появившихся в результате выполнения оперативных переключений;

7) суточная ведомость режима работы оборудования – для периодических записей показаний контрольно-измерительных приборов на щитах управления объекта.

#### **2.4. Деятельность ПАО «Россети»**

Публичное акционерное общество «Российские сети» (ПАО «Россети») – оператор энергетических сетей в России – является одной из крупнейших электросетевых компаний в мире. Компания управляет 2,3 млн. километров линий электропередачи, 496 тыс. подстанций трансформаторной мощностью более 773 тыс. МВА.

Дочерними электросетевыми компаниями ПАО «Россети» являются:

1) АО «Янтарьэнерго»;

- 2) ПАО «МРСК Волги»;
- 3) ПАО «МРСК Юга»;
- 4) ПАО «МРСК Сибири»;
- 5) ПАО «Московская объединенная электросетевая компания»;
- 6) ПАО «ФСК ЕЭС»;
- 7) АО «Тюменьэнерго»;
- 8) ПАО «МРСК Центра»;
- 9) ПАО «МРСК Северо-Запада»;
- 10) ПАО «Ленэнерго»;
- 11) ПАО «Томская распределительная компания»;
- 12) ПАО «МРСК Центра и Приволжья»;
- 13) ОАО «МРСК Урала»;
- 14) ПАО «МРСК Северного Кавказа»;
- 15) ПАО «Кубаньэнерго».

В состав МРСК Урала входят филиалы:

- «Свердловэнерго»;
- «Челябэнерго»;
- «Пермэнерго»;

и дочернее общество – АО «Екатеринбургская электросетевая компания».

На территории республики Башкортостан действует АО «Башкирская электросетевая компания» (дочернее общество – ООО «Башкирэнерго»). Оренбургская область находится в границах присутствия ПАО «МРСК Волги», филиал «Оренбургэнерго».

МРСК Урала – российская электросетевая компания, осуществляющая транспорт электроэнергии по электрическим сетям напряжением 0,4-220 кВ и технологическое присоединение потребителей к электросетям на территории Свердловской, Челябинской областей, а также Пермского края. Первоначально была создана как ОАО «МРСК Урала и Волги» и объединяла (до 2007 г.) 15 региональных АО энергетики и электрификации.

Компания оказывает следующие виды услуг:

- передача и распределение электрической энергии;
- технологическое присоединение к электрическим сетям;
- проведение испытаний и измерений в электроустановках, а также контроль за их безопасным использованием;
- сбор, передача и обработка технологической информации, включая данные измерений и учета;
- оперативно-технологическое управление и соблюдение режимов электроснабжения и электропотребления;

– проведение технического обслуживания, диагностики, ремонта электрических сетей, средств измерений и учета, оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики и т.д.

– развитие электрических сетей и иных объектов электросетевого хозяйства, включая проектирование, инженерные изыскания, строительство и реконструкцию, техническое перевооружение, монтаж и наладку.

В состав филиала «Челябэнерго» входят пять производственных отделений:

- 1) ПО «Златоустовские электрические сети»;
- 2) ПО «Центральные электрические сети»;
- 3) ПО «Магнитогорские электрические сети»;
- 4) ПО «Челябинские городские электрические сети»;
- 5) ПО «Троицкие электрические сети».

Общая численность персонала филиала «Челябэнерго» – более 4 тысяч человек. Филиал «Челябэнерго» осуществляет электроснабжение промышленных предприятий и населения на территории общей площадью 87,9 тыс. квадратных километров с населением 3,5 млн. человек. Всего в эксплуатации филиала «Челябэнерго» находится 308 подстанций 35-220 кВ, 9246 трансформаторных подстанций 6-10 кВ и 41 537 км воздушных и кабельных линий электропередачи классом напряжения 0,4-110 кВ.

В составе производственного отделения «Магнитогорские электрические сети» функционируют 7 районов электрических сетей:

- 1) Магнитогорский РЭС;
- 2) Агаповский РЭС;
- 3) Верхнеуральский РЭС;
- 4) Кизильский РЭС;
- 5) Нагайбакский РЭС;
- 6) Брединский РЭС;
- 7) Карталинский РЭС.

В зоне обслуживания ПО «МЭС» располагаются ведущие предприятия Челябинской области такие как: ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ЮУЖД ОАО «РЖД», ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург», ООО «АЭС Инвест», ОАО «Александринская горнорудная компания» (АГРК), ОАО «Новокаолиновый ГОК», ОАО «Магнитогорский птицеводческий комплекс», ОАО «Нагайбакский птицеводческий комплекс», карьер «Новый Курасан» ОАО «Южуралзолото», ООО «ОМИА Урал» – предприятие по добыче и переработке мрамора, АО «Брединская золоторудная компания», ОАО «Элеватор Буранный», ОАО Агрофирма «Ариант», ООО «Т-МОТОРС», ООО «Миасс-ЭнергоСтрой» и т.д.

Специалисты ПО «Магнитогорские электрические сети» обслуживают следующие города и крупные жилые населенные пункты: г. Магнитогорск, г. Карталы, г. Верхнеуральск, село Агаповка, село Кизильское, пос. городского типа Бреды, пос. Нагайбакский. Всего в эксплуатации находится 69 подстанций 35-110 кВ, 2 120 трансформаторных подстанций 6-10/0,4 кВ и 8 600 км воздушных и кабельных линий электропередачи классом напряжения 0,4 – 110 кВ<sup>1</sup>. Численность персонала составляет около 700 человек.

### **3. ЦЕЛЕВАЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЕЭС РОССИИ**

#### **3.1. Основные понятия и определения**

Структура целевой модели определена приказом РАО «ЕЭС России» №68 от 30.01.2006<sup>2</sup> и содержит следующие понятия.

**Операционные функции** – функции, которые выполняются для непосредственного управления электроэнергетическим режимом и принятия решений о способе действий подчиненного персонала в нормальных и аварийных режимах.

**Неоперационные функции** – функции, не связанные с непосредственным управлением электроэнергетическим режимом и принятием решений о способе действий подчиненного персонала в нормальных и аварийных режимах.

**ЛЭП системного значения** – линии электропередачи, соответствующие критериям:

1) ЛЭП, изменение эксплуатационного состояния и величины перетоков мощности по которым может привести к нарушению статической и динамической устойчивости, токовой перегрузки оборудования и недопустимым изменениям напряжения в узлах электрической сети в нормальных и ремонтных схемах;

2) ЛЭП, не входящие в контролируемые сечения, но эксплуатационное состояние которых приводит к изменению максимально допустимого перетока в контролируемых сечениях;

3) ЛЭП, обеспечивающие выдачу мощности электростанций, включая все ЛЭП транзитов;

4) ЛЭП, оснащенные устройствами системной противоаварийной автоматики или участвующие в работе комплексов ПА (АЛАР, ДА, САОН, ЧДА и др.).

Система оперативно-диспетчерского управления ЕЭС России определяется как совокупность организаций двух типов:

---

<sup>1</sup> По данным официального сайта ОАО «МРСК Урала» [www.mrsk-ural.ru](http://www.mrsk-ural.ru)

<sup>2</sup> Приказ РАО энергетики и электрификации «Единая энергетическая система России» №68 от 30.01.2006 «Об утверждении целевой организационно-функциональной модели оперативно-диспетчерского управления ЕЭС России».

- 1) выполняющих как операционные, так и неоперационные функции;
- 2) выполняющих только неоперационные функции.

К центрам ответственности 1 типа относятся:

1) диспетчерские центры (ДЦ) субъектов оперативно-диспетчерского управления, их перечень определяется Правительством РФ;

2) центры управления сетями сетевых организаций и других владельцев сетей (ЦУС).

В обязательном порядке ЦУС должны функционировать в

– распределительных сетевых компаниях (ОАО «РСК»);

– филиалах ПАО «Федеральная сетевая компания ЕЭС» – предприятиях магистральных электрических сетей (ПМЭС);

3) объекты электроэнергетики (электростанции, подстанции).

**Диспетчерский центр** осуществляет оперативно-диспетчерское управление электроэнергетическим режимом ЕЭС России посредством принятия решений об эксплуатационном состоянии и режиме работы объектов диспетчеризации, включая генерирующее оборудование и ЛЭП системного значения.

**Центр управления сетями** осуществляет оперативное управление и ведение электросетевыми объектами, включая линии электропередачи, относящиеся к объектам диспетчеризации и не находящиеся в диспетчерском управлении ДЦ субъектов оперативно-диспетчерского управления.

**Персонал объекта** осуществляет:

1) мероприятия, обеспечивающие его эксплуатацию;

2) переключения, пуски и отключения;

3) локализацию технологических нарушений и восстановление технологического режима работы;

4) подготовку к проведению ремонта.

Центры ответственности 2 типа (выполняющие неоперационные функции):

1) информационно-аналитические подразделения генерирующих компаний (ОГК, ТГК, РГК и т.д.);

2) информационно-аналитические подразделения управляющих компаний (ОАО «ДВЭУК», ОАО «КЭУК», все ОАО «РСК» и др.);

3) информационно-аналитические подразделения исполнительного аппарата ПАО «ФСК ЕЭС» и ее филиалов – магистральных электрических сетей (МЭС).

### **3.2. Функциональные полномочия**

#### **I. При управлении объектами сетей 110 кВ и ниже РСК:**

1) линии до 110 кВ системного значения – изменение состояния или режима определяется АО «Системный оператор ЕЭС» (СО) и выполняется персоналом объектов по командам диспетчера ДЦ или персоналом ЦУС РСК с разрешения диспетчера СО;

2) оборудование подстанций, влияющее на электроэнергетический режим – с разрешения диспетчера СО;

3) линии до 110 кВ (не системного значения) – определяется самостоятельным решением ЦУС РСК. Решение о способе управления – по распоряжению или по разрешению – принимается самостоятельно ЦУС РСК либо этим же ЦУС по согласованию с ЦУС ПМЭС;

4) оборудование подстанций, не влияющее на электроэнергетический режим – самостоятельно РСК или по согласованию между РСК и ПМЭС.

#### **II. При управлении сетями напряжением 220 кВ и выше, входящими в состав Единой национальной электрической сети (ЕНЭС) и относящимися к ПМЭС:**

1) линии 220 кВ и выше системного значения – изменение состояния или режима определяется решением ДЦ, изменения выполняются по командам ДЦ или персоналом ЦУС ПМЭС с разрешения диспетчера СО. Способ управления определяется ДЦ;

2) подстанции, влияющие на электроэнергетический режим, – изменения выполняются персоналом подстанции или ЦУС с разрешения СО;

3) подстанции, не влияющие на электроэнергетический режим, – способ управления определяется ПМЭС самостоятельно или по согласованию РСК с ПМЭС.

#### **III. При управлении электростанциями:**

1) если электростанция влияет на электроэнергетический режим – решение принимается ДЦ СО. Операции производятся персоналом электростанции с разрешения диспетчера СО;

2) если электростанция не влияет на электроэнергетический режим – решение принимается электростанцией самостоятельно или с сетевой компанией.

### **Примеры**

#### **1. Производственное отделение «Центр управления сетями» (ПО «ЦУС») филиала ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго».**

В состав ПО «ЦУС» входят:

1) диспетчерская служба;

- 2) 7 оперативно-диспетчерских служб;
- 3) служба электрических режимов (СЭР);
- 4) служба релейной защиты и автоматики (СРЗА);

С 2009 г. ДС ПО «ЦУС» приняты операционные функции по управлению электросетевыми объектами диспетчеризации Красноярского РДУ в зоне Красноярских электрических сетей. К основным выполняемым функциям ПО «ЦУС» относятся:

1) осуществление круглосуточного оперативно-технологического управления работой сетей с правом выполнения операционных (на закрепленном перечне оборудовании) и неоперационных функций;

2) круглосуточный контроль состояния эксплуатации основного оборудования, анализ оперативной обстановки на объектах;

3) оперативное информирование соответствующих диспетчерских центров, руководства ОАО «МРСК Сибири» и филиала «Красноярскэнерго», надзорных органов о возникновении и ходе ликвидации технологических нарушений в соответствии с регламентом;

4) организация работ по долгосрочному и краткосрочному планированию ремонтов линий электропередачи, оборудования и устройств объектов электросетевого хозяйства;

5) сбор и обобщение оперативной информации по структурным подразделениям, предоставление ежедневной сводки по состоянию электрических сетей в филиале ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго»;

6) ведение необходимой оперативной документации в соответствии с ПТЭ;

7) осуществление контроля работы оперативного персонала филиалов электросетей, подстанций и РЭС. Оказание им организационно-технической помощи в улучшении диспетчерского управления;

8) осуществление организации и контроля эксплуатации устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики;

9) расчет нормальных, аварийных и послеаварийных режимов, оптимизация режимов работы электрической сети;

10) выполнение распоряжений и указаний Системного оператора ЕЭС по организации и проведению контрольных измерений потокораспределения, уровней напряжения, объемов мощности, заведенной под АЧР и САОН; организация проведения замеров в режимные дни; составление схем потокораспределения и т.д.

11) разработка документации (положений, регламентов, инструкций), определяющей взаимодействие оперативного персонала Красноярскэнерго со сменными ЦУС, другими субъектами энергетики и потребителями по оперативному обслуживанию линий, оборудования, устройств релейной защиты и автоматики, связи, телемеханики;

12) разработка и согласование в установленном порядке графиков аварийных ограничений (в части графиков временных отключений);

13) распределение по объектам электросетевого хозяйства объемов АЧР, ЧАПВ, САОН в соответствии с заданными Системным оператором объемами, уставками и указаниями по их размещению;

14) выполнение расчетов токов короткого замыкания и выбор уставок срабатывания устройств релейной защиты и автоматики линий электропередачи и оборудования подстанций с высшим напряжением 110 кВ.

## 2. Южно-Уральское предприятие магистральных электрических сетей.

Основные виды деятельности:

- 1) оказание услуг по передаче и распределению электроэнергии;
- 2) оказание услуг по осуществлению технологического присоединения к электрическим сетям;
- 3) оказание услуг по сбору, передаче и обработке технологической информации, включая данные измерений и учета;
- 4) эксплуатация, диагностика, ремонт электрических сетей и иных объектов электросетевого хозяйства и технологическое управление ими;
- 5) эксплуатация, диагностика, ремонт сетей технологической связи, средств измерений и учета, оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики и иного, связанного с функционированием электросетевого хозяйства, технологического оборудования, а также оперативно-технологическое управление ими;
- 6) разработка долгосрочных прогнозов, перспективных и текущих планов развития электросетевого комплекса, целевых комплексных научно-технических, экономических и социальных программ;
- 7) развитие электрических сетей и иных объектов электросетевого хозяйства, включая проектирование, инженерные изыскания, строительство, реконструкцию, техническое перевооружение, монтаж и наладку;
- 8) развитие сетей технологической связи, средств измерений и учета, оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики и иного технологического оборудования, связанного с функционированием электросетевого хозяйства, включая проектирование, инженерные изыскания, строительство, реконструкцию, техническое перевооружение, монтаж и наладку;
- 9) реализация программ энергосбережения и энергоэффективности;
- 10) мониторинг, анализ и оценка функционирования новой техники, технологий, материалов и систем, выявление закономерностей и тенденций отказов, анализ аварийности;
- 11) осуществление оперативно-технологического управления объектами ЕНЭС, не входящими в перечень объектов диспетчеризации филиалов АО «Системный оператор ЕЭС».

## 4. ВИДЫ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 4.1. Планово-предупредительный ремонт электрооборудования

#### 4.1.1. Причины планово-предупредительного ремонта

В процессе эксплуатации электрооборудования с течением времени ухудшается изоляция, изнашиваются токоведущие части, обмотки и подшипники электрических машин, отдельные механические детали. В результате этого, а также из-за заводских дефектов, неправильных действий персонала, загрязнения, неблагоприятных атмосферных условий и других причин имеет место износ и повреждение электрооборудования. Поэтому на электростанциях и в электрических сетях периодически проводят планово-предупредительные ремонты (ППР).

#### 4.1.2. Виды и методы обслуживания и ремонта

ППР представляет собой комплекс работ, направленных на поддержание и восстановление работоспособности оборудования путем обслуживания, ремонта и замены изношенных деталей и узлов для того, чтобы в дальнейшем обеспечить его надежную и экономичную работу. Он состоит из межремонтного обслуживания, текущего, среднего и капитального ремонта.

**Межремонтное обслуживание** выполняют, как правило, без остановки оборудования. В него входят: регулярная чистка и смазка оборудования, осмотр и регулировка его работы, замена деталей с непродолжительным сроком службы, устранение дефектов и неисправностей.

**Текущий ремонт** в большинстве случаев проводят без вскрытия оборудования с кратковременной его остановкой. Он направлен на устранение неисправностей, возникающих в процессе работы: осмотр, чистка, смазка деталей и устранение обнаруженных неисправностей, ремонт или замена быстроизнашивающихся узлов и отдельных деталей.

При текущем ремонте, предшествующем капитальному, выполняют необходимые измерения и испытания, позволяющие выявить дефекты оборудования на ранней стадии их развития. На основании измерений и испытаний уточняют объем капитального ремонта. После сборки оборудования выполняют его наладку и испытания.

Заключение о пригодности оборудования к последующей работе делается на основании сравнения результатов испытаний с действующими нормами, результатами предыдущих испытаний, а также измерениями, полученными на однотипном оборудовании. Испытания нетранспортабельного оборудования выполняют передвижные ЭТЛ.

Наряду с ППР для устранения различных нарушений в работе проводят внеплановые работы, выполняемые после использования ресурса оборудования, а также аварийно-восстановительные ремонты, выполняемые при ликвидации последствий аварий или при возникновении повреждений, требующих немедленной остановки оборудования. При чрезвычайных обстоятельствах (возгорание, перекрытие изоляции и др.) оборудование останавливается без получения разрешения диспетчера. Внеплановый ремонт согласуют с диспетче-

ром энергосистемы и оформляют соответствующей заявкой. Его проводят для устранения различных неполадок в работе оборудования, а также, в случае выключателей, после использования коммутационного ресурса.

Средний и капитальный ремонт предназначены для восстановления частично или полностью израсходованного ресурса (механического, коммутационного).

**Средний ремонт** предусматривает разборку отдельных узлов для осмотра, чистки деталей и устранения обнаруженных дефектов, замены быстроизнашивающихся деталей и узлов, не обеспечивающих нормальную эксплуатацию оборудования до очередного капитального ремонта. Средний ремонт проводят не чаще одного раза в год.

**Капитальный ремонт** производят с вскрытием оборудования. Он включает в себя ревизию оборудования с тщательным внутренним осмотром, измерениями, испытаниями и устранением выявленных неисправностей. В его ходе обеспечивается восстановление первоначальных технических характеристик и производится модернизация оборудования.

Капитальный ремонт проводится по окончании срока межремонтного периода, устанавливаемого для каждого вида оборудования. Выводу оборудования в капитальный ремонт предшествует тщательная подготовка:

- составляются ведомости намеченных работ и графики их выполнения;
- проводятся осмотры и испытания, измерения и проверки;
- подготавливается необходимая ремонтная документация;
- заготавливаются запасные части, инструменты, подъемно-транспортные средства;
- выполняются противопожарные мероприятия и мероприятия по требованиям безопасности.

При капитальном ремонте:

- заменяют или восстанавливают все износившиеся детали,
- модернизируют отдельные элементы и узлы оборудования,
- выполняют профилактические проверки и измерения,
- производят работы по устранению небольших повреждений и неисправностей.

К профилактическим измерениям и проверкам на ВЛ относятся работы по измерению сопротивления заземления опор и тросов, по проверке электрической прочности подвесных изоляторов, загнивания деревянных деталей опор и т.д. Дефекты, обнаруженные при осмотре и проверках, устраняют при очередном капитальном ремонте. Повреждения аварийного характера устраняют немедленно. Обнаруженные при осмотрах и испытаниях неисправности устраняются в кратчайшие сроки.

### **4.1.3. Периодичность ППР**

Для каждого вида оборудования периодичность ППР устанавливается ПТЭ [4,5]. Однако разрешается изменять периодичность ремонта в зависимости от состояния оборудования.

Кроме того, действующее издание «Объем и нормы испытаний электрооборудования» ориентирует предприятие на расширение использования контроля состояния электрооборудования под рабочим напряжением, который позволяет выявить дефекты на ранних стадиях их развития. При этом возможен отказ от некоторых трудоемких видов традиционных испытаний, а по мере накопления опыта контроля под рабочим напряжением – переход от периодического ремонта в установленные сроки к ремонту по его техническому состоянию на основании диагностики.

Увеличение межремонтных периодов сокращает затраты и является значительным резервом сокращения времени простоя оборудования в ремонте. Другим источником экономии является сокращение времени простоя оборудования в ремонте. Для этого внедряют агрегатно-узловые и индустриально-заводские способы ремонта.

При **агрегатно-узловом** способе ремонта отдельные агрегаты или узлы демонтируют и заменяют заранее отремонтированными из обменного фонда.

При **индустриально-заводском** способе ремонта однотипное оборудование ремонтируют на заводе или в специализированных мастерских, а затем устанавливают взамен выведенного в ремонт.

## **4.2. Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования промышленных предприятий**

### **4.2.1. Схема ТОиР**

Схема ТОиР с учетом фактического технического состояния основывается на проведении профилактических, восстановительных и ремонтных работ через интервалы времени или число пусков (включений), регламентированных НТД на оборудование и скорректированных по фактическим показателям надежности, а также наработке данного вида энергоустановок [2].

Для схемы ТОиР по техническому состоянию обязательными являются:

- 1) периодическое обследование с оценкой работоспособности оборудования и прогнозированием срока дальнейшей безотказной эксплуатации;
- 2) ремонтные работы по результатам обследований;
- 3) ведение нормативной, исполнительной, оперативно-эксплуатационной документации по техническому обслуживанию и ремонту;
- 4) формирование периодических сводок по наработке оборудования;
- 5) ведение журналов по показателям надежности.

Перечисленные мероприятия необходимо проводить в первую очередь для тех энергоустановок, которые по условиям безопасности не могут быть допу-

щены к эксплуатации до отказа, а по экономическим критериям – к эксплуатации до ремонта.

Рекомендуемые виды технического обслуживания и ремонта энергоустановок (Т – текущий, К – капитальный) указаны в табл. 3.1.

При реализации системы ТОиР параллельно выполняют необходимые измерения параметров электрооборудования, по результатам которых делают записи в журналах и протоколах на отдельные виды электрооборудования. ТО, ремонт и замену выполняют специализированные подразделения предприятий – выездные ремонтные бригады центральной базы производственного обслуживания, оперативно-ремонтный персонал в зависимости от объема работ и требуемой оперативности их выполнения, а также сторонние организации, имеющие лицензию и допуск к ремонтным работам и оценке технического состояния электроустановок.

Анализ изменения контролируемых параметров электроустановок осуществляет ответственный за электрохозяйство. Ремонт по техническому состоянию выполняется с учетом результатов планового и внепланового контроля параметров по типовому объему работ. Ответственный за электрохозяйство обязан обеспечить условия для проведения контроля параметров электроустановок по графику ТОиР, подготовить ремонтный персонал или вызвать бригаду специализированной организации.

В случае принятия решения о работоспособности электроустановки бригада, выполняющая замеры параметров, выдает прогноз о предполагаемом времени работы оборудования без отказа или времени следующего необходимого контроля параметров электрооборудования, оформляет акт о результатах проведенного контроля и доводит его до сведения ответственного за электрохозяйство.

Ответственный за электрохозяйство принимает соответствующие меры по восстановлению работоспособности электроустановок и их замене. Сложность и трудоемкость ремонта определяют после контроля параметров и принятия решения о выводе электроустановки в ремонт. Вид ремонта устанавливают по фактически необходимому объему работ, а не по периодичности. Если в объеме ремонта предусматривается разборка оборудования, то специализированная бригада осуществляет также контроль параметров, оценка которых возможна только при разборке с последующей коррекцией объема ремонта.

Таблица 3.1

## Виды ТОиР электрооборудования

Оборудование	Техническое обслуживание		Виды ремонта			
			плановый		по техническому состоянию	
	Периодическое	Сезонное	Т	К	Т	К
Двигатели насосов	+				+	+
Электроприводы задвижек	+		+	+		
ВЛ	+	+			+	+
КЛ 0,4–10 кВ	+	+			+	+
ТТ и ТН	+		+	+		
Выключатели: – масляные – воздушные	+	+	+	+		+
Разъединители, отделители, короткозамыкатели, разрядники, предохранители	+		+	+		
Электрические аппараты до 1 кВ	+	+			+	+
Конденсаторные установки		+			+	+
Аккумуляторные батареи	+				+	+
Оборудование ЭХЗ	+				+	+
Релейная защита и автоматика	+					

Примечания к табл. 3.1:

1) сохранение работоспособности электроустановок, временно выведенных из эксплуатации без выполнения работ по консервации, обеспечивают осмотром и ТО согласно графику ТОиР;

2) для не указанных в табл. 3.1 электроустановок проводят ППР;

3) если периодичность ремонтов по техническому состоянию превышает соответствующую межремонтную наработку, указанную в документации на данный вид электроустановок, то выполняют плановые ремонты согласно действующей документации.

Для планирования и определения объема ремонтных работ на электроустановках, организации подготовительных операций и расчета потребности в

материалах, инструментах и запчастях, организации работы ремонтников и контроля за расходованием средств составляются специальные ведомости.

#### ***4.2.2. Планирование работ по ТОиР электрооборудования***

При планировании ремонта электроустановок составляют перспективные графики ремонта основного электрооборудования и воздушных линий напряжением 35 кВ и выше, годовые и месячные (квартальные) графики ТОиР.

Перспективный график ремонта, разрабатываемый на 5 лет, служит основанием для планирования трудовых, материальных и финансовых ресурсов по годам планируемого периода. Годовой график составляется на все виды ремонта электрооборудования за два месяца до окончания текущего календарного года. График ТОиР оборудования, отключение которого приводит к изменению объемов производства или условий передачи электроэнергии, утверждает главный инженер.

Исходными для составления графика ТОиР электрооборудования являются:

- данные о показателях надежности (в первую очередь, наработка на отказ);
- данные о режимах работы и нагрузке оборудования;
- данные о проведенных ТО, ремонтах и испытаниях;
- информация о наработке с начала эксплуатации и фактически отработанном с момента последнего ремонта времени;
- информация о числе включений (пусков).

При планировании учитывают обеспеченность материальными и финансовыми ресурсами, оснащенность контрольно-измерительными приборами.

#### ***4.2.3. Ведение документации и анализ соблюдения регламента ТОиР электрооборудования***

Служба главного энергетика предприятия (управление, отдел) располагает технической документацией, согласно которой осуществляется ТОиР. К ней относятся:

- 1) нормативная документация в соответствии с требованиями ПТЭ и органов Ростехнадзора;
- 2) утвержденная проектная и исполнительная документация со всеми последующими изменениями;
- 3) технические паспорта и акты приемки электроустановок в эксплуатацию;
- 4) документация, определяющая договорные отношения с энергоснабжающими организациями;
- 5) оперативная схема;

- 6) инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию каждого вида электроустановок;
- 7) исполнительные электрические схемы первичных и вторичных соединений;
- 8) должностные инструкции по каждому рабочему месту;
- 9) инструкции по охране труда и технике безопасности;
- 10) оперативная (эксплуатационная) документация с указанием предельных значений контролируемых параметров электрооборудования и уставок срабатывания РЗА;
- 11) документация по сбору данных о надежности электроустановок;
- 12) документация по ТОиР электрооборудования.

## **5. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

### **5.1. Общие сведения о методе сетевого планирования**

Основой научной организации труда при ремонте электрооборудования на электрических станциях, подстанциях, в производственных цехах является [1]:

- 1) разработка сетевых графиков выполнения работ;
- 2) рациональная расстановка ремонтного персонала;
- 3) повышение квалификации кадров;
- 4) внедрение передовых приемов и методов работы;
- 5) высокий уровень организации труда.

Сетевой график по ремонту электрооборудования может быть общим или локальным.

**Общий сетевой график** предусматривает все виды работ по ремонту определенного комплекса электрооборудования, например, оборудования всей подстанции.

**Локальный сетевой график** определяет ремонт части подстанции, например, ремонт какого-либо РУ, включая работы по ремонту строительной части, кровли, вентиляции и т.д.

Сетевой график позволяет устанавливать взаимосвязь планируемых работ и получаемых результатов, более точно планировать конкретные работы, своевременно осуществлять их корректировку. Сетевое планирование, как результат анализа многих факторов, предусматривает определенную очередность производства ремонтных работ:

- 1) расчленение всего комплекса работ на отдельные последовательные этапы, каждый из которых выполняет бригада в соответствии с нормативами затрат труда;
- 2) выявление и описание всех событий, т.е. результатов работ, необходимых для начала других работ;
- 3) определение всех работ с учетом нормативов времени и фактических затрат времени, необходимого для достижения конечного результата ремонта;

- 4) построение сетевого графика;
- 5) определение времени выполнения каждой работы по графику на основе системы оценок;
- 6) расчет **критического пути**, т.е. пути, соответствующего наибольшему времени выполнения всего комплекса работ;
- 7) определение резервов времени;
- 8) анализ и оптимизация графика и разработка мероприятий по сокращению времени критического пути;
- 9) управление ходом работ с помощью сетевого графика.

**Сетевой график**, таким образом, представляет собой схему выполнения отдельных операций и элементов работ по ремонту оборудования, а также осуществления связей между ними, порядка, технологической последовательности и контроля за выполнением работ.

На график наносят работы и события. Каждое **событие** характеризует завершение или начало работы. **Работа** означает действие, которое нужно совершить, чтобы перейти от предшествующего события к последующему. Работа на графике обозначается стрелкой, показывающей связь между событиями, которые изображаются кружками. Продолжительность работы определяется в часах или днях. По отношению к какому-либо событию различают входные и выходные работы.

Критический путь представляет собой основу для выбора оптимального плана и организации контроля за ходом работ. Отношение продолжительности любого возможного пути к продолжительности критического пути характеризует степень напряженности плана.

В ходе ремонта оборудования может производиться оптимизация сетевого графика по времени. Ее проводят с целью сокращения сроков ремонта в первую очередь по критическому пути. Для этого составляются мероприятия, в которых предусматривают:

- начало производства отдельных видов работ раньше полного окончания предыдущих;
- увеличение численности бригад;
- временную приостановку работ, не лежащих на критическом пути, и перероску людей на работы, лежащие на критическом пути;
- и т.д.

## **5.2. Организация ППР на электростанциях и в электрических сетях**

### **5.2.1. Формы организации ремонта**

Преобладающей формой организации ППР на электростанциях и в электрических сетях является централизованный капитальный ремонт.

При централизации ремонта все работы или основную их часть выполняют специализированные ремонтные цеха или предприятия. По сравнению с децен-

трализованной формой организации ППР преимущества централизованной формы заключаются в следующем:

1) на ремонтном предприятии, производящем централизованный ремонт, могут быть созданы специализированные подразделения по ремонту генераторов, трансформаторов, компенсирующих устройств различных видов, коммутационных аппаратов и т.д. Специализация персонала приводит к повышению качества ремонтных работ;

2) снижается общая численность ремонтного персонала за счет лучшего его использования в течение года;

3) сокращаются сроки простоя оборудования в ремонте благодаря более совершенной организации ремонтных работ;

4) появляются более широкие возможности для обмена передовым опытом, применения новейшего оборудования, инструмента и приспособлений.

В зависимости от сложившихся условий на электростанциях централизованный ремонт выполняют с различной степенью централизации. На крупных электростанциях с круглогодичным ремонтом оборудования применяется полностью централизованный ремонт, выполняемый специализированными ремонтными предприятиями (используется подрядный способ). Ремонтные предприятия выполняют не только все виды ремонтных работ, но и обеспечивают обслуживаемые объекты материалами, запчастями, транспортными средствами и т.д.

На электростанциях, имеющих сравнительно небольшой штат ремонтного персонала, недостаточный для выполнения значительных объемов работ, текущий и внеплановый ремонт выполняются собственными силами, а для проведения капитального ремонта привлекают на договорных условиях предприятия, выполняющие централизованный ремонт. К работам по капитальному ремонту также привлекается свободный от текущих работ персонал электростанций. Такая смешанная форма организации ремонтных работ, если она исключает простой рабочих, может оказаться более экономичной, чем указанная выше.

На электростанциях, располагающих достаточным количеством квалифицированного ремонтного персонала, капитальный, текущий и внеплановый ремонт выполняют хозяйственным способом (т.е. собственными силами) с централизацией работ в пределах электростанции.

В электрических сетях лучшей формой организации ППР является комплексный ремонт, представляющий собой централизованный капитальный ремонт в сочетании с комплексным способом выполнения работ (одновременный ремонт оборудования подстанции и РУ). При такой форме организации ППР в ремонт поочередно выводится все оборудование подстанции напряжением 35 кВ и выше, в ходе которого ремонтируют все находящееся на подстанции основное и вспомогательное оборудование.

Организация работ может быть **комплексной** (при ремонте подстанции выполняются все виды работ) или **специализированной** (ремонт сложного

оборудования выполняют специализированные бригады). Все виды работ выполняют в соответствии с **проектом производства работ**.

При комплексном способе подстанции в ремонт поочередно выводится все ее электрическое оборудование, ремонтируют здания и сооружения, производят работы по благоустройству территории. Комплексный ремонт ВЛ обычно выполняют подрядным способом на основании договора, заключенного предприятием с организациями, ведущими ремонт. Объем ремонта определяется в зависимости от результатов проведенных проверок, измерений, верховых осмотров, испытаний, исследований и наблюдений.

### ***5.2.2. Планирование ремонта и подготовка к ремонту***

Электростанции и электросетевые предприятия, участвующие в едином процессе производства и передачи электроэнергии, не могут по своему желанию планировать и выводить в ремонт основное оборудование.

Капитальный ремонт основного оборудования планируется в целом по энергосистеме. Планирование заключается в составлении перспективных, годовых и месячных планов ремонта. Перспективные планы, предусматривающие объемы ремонтных работ, их продолжительность и трудозатраты, составляют сроком на 5 лет. На их основе разрабатывают годовые планы ремонта, которые согласовывают с соответствующим диспетчерским центром (ОДУ, РДУ, ЦУС и т.д.) и привлекаемыми к ремонту подрядными организациями. После утверждения годовых планов ремонта приступают к составлению графиков ремонта и проведению подготовительных мероприятий.

Качество ремонта и время простоя оборудования зависит от своевременного и полного проведения подготовительных мероприятий. Поэтому до вывода оборудования в ремонт заготавливают необходимые материалы и запасные части, проверяют и приводят в исправное состояние инструмент, приспособления и средства механизации, т.е. подготавливают материально-техническую базу ремонта. В это же время планируют проведение необходимых мероприятий по требованиям безопасности и противопожарной защите.

До начала работ укомплектовывают всем необходимым ремонтные бригады. В подготовительный период составляют ведомости объектов работ, разрабатывают технологические графики и проекты организации работ. При ремонте несложного оборудования применяют линейные графики, при ремонте сложного оборудования используют сетевые графики.

### ***5.2.3. Производство ремонтных работ и их механизация***

С началом ремонта оборудование отключают от сети, а по окончании – включают в сеть. Руководство ремонтом осуществляет специально назначенное ответственное лицо, которое координирует работу всех ремонтных бригад, отвечает за качество ремонта, производственную дисциплину, начало и окончание работ, обеспечивает безопасные условия труда, ведет учет трудовых и материальных затрат. Ремонт выполняют согласно проекту проведения работ. При

ремонте широко используют средства механизации. Их применение освобождает рабочих от тяжелого физического труда, сокращает время ремонта, снижает трудозатраты.

В выполнении ремонтных работ важное значение имеют ремонтно-производственные базы. На электростанциях это центральные и цеховые мастерские, оснащенные необходимым инструментом, приспособлениями, разводками сжатого воздуха, кислорода и ацетилена, постоянной электрической сетью для сварочных работ и электропривода инструмента; в электрических сетях – РПБ, оснащенные необходимым для работ инструментом, приспособлениями и устройствами. Кроме того, для ремонтных работ выделяют самоходные технологические механизмы на базе автомобилей и тракторов.

В зависимости от организационной структуры ПОЭС технологические комплекты средств механизации закрепляют за производственными службами (при функциональной системе управления) или за входящими в состав предприятия районами электрических сетей (при территориальной или смешанной системе управления).


#### ***5.2.4. Приемка оборудования из ремонта***

Приемка из ремонта отдельных узлов оборудования начинается до окончания всего комплекса ремонтных работ, т.е. в процессе их выполнения. Такой вид приемки из ремонта называется поузловым. На поузловую приемку составляется акт и подписываются протоколы контрольных измерений, относящихся к принимаемому узлу. После окончания всех запланированных работ производится предварительная приемка оборудования. При этом проверяется общее состояние отремонтированного оборудования, техническая документация по ремонту: ведомости объема работ, технологические графики, акты поузловых приемок; составляется протокол произведенных измерений. В заключение комиссия заполняет приемосдаточный акт и дает разрешение на опробование оборудования в течение 24 ч. Если за это время не будет обнаружено никаких дефектов, оборудование принимают в эксплуатацию и дают предварительную оценку качества ремонта. Окончательная оценка дается после 30 дней работы оборудования под нагрузкой, в течение которых должны быть проведены эксплуатационные испытания и измерения, если в этом есть необходимость. Временем окончания ремонта считается момент включения электрооборудования в сеть.

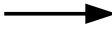
Комиссию по приемке из капитального ремонта основного оборудования на электростанциях обычно возглавляет главный инженер электростанции, а из текущего ремонта – начальник соответствующего цеха. Если ремонт производила специализированная ремонтная организация, то ее представитель принимает участие в работе комиссии. В электрических сетях приемку оборудования из ремонта производят: на подстанциях – инженеры службы подстанций (участков или групп подстанций) или начальники подстанций, на линиях электропередачи – мастера и инженеры службы линий, РМС, районов электросетей, линейных участков.

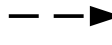
## 5.3. Применение метода сетевого планирования при разработке графиков ремонта электроэнергетического оборудования

### 5.3.1. Элементы сетевого графика

**Событие** отражает только факт получения результатов предшествующих работ и условия начала следующей за ним работы. Обозначается на графике символом . Событие не имеет продолжительности.

**Работа** – это отдельный процесс, выполнение которого связано с затратами времени и ресурсов. Различают следующие виды работ:

1) активная работа – требует затрат времени и ресурсов. Обозначается сплошной линией со стрелкой на конце  ;

2) фиктивная работа – это логическая связь между двумя или несколькими работами, не требующая времени, но учитывающая, что возможность начала одной работы непосредственно зависит от окончания другой. Обозначается пунктирной линией со стрелкой на конце  ;

3) ожидание – характеризует процесс, сопровождающийся только затратами времени (без расхода каких-либо ресурсов). Обозначает паузу в рабочем процессе, которая может быть вызвана причинами технологического или организационного характера. Графически отображается как активная работа.

Шифр каждой работы состоит из двух номеров: первый номер обозначает предыдущее событие, второй – последующее событие. К нумерации событий предъявляются следующие требования [7]:

1) нумерация должна производиться последовательно числами натурального ряда;

2) номер конечного события каждой работы должен быть больше номера начального события; выполнение этого требования достигается тем, что событию присваивается номер только после того, как будут пронумерованы начальные события всех входящих в него работ;

3) нумерация должна производиться слева направо и сверху вниз.

Каждое событие может быть изображено только один раз. Каждый из номеров может быть присвоен только одному конкретному событию. Аналогично каждая работа в сетевом графике может быть изображена только один раз, а каждый шифр может быть присвоен только одной работе.

События сетевого графика делятся на 4 сектора. Четырехсекторная модель события показана на рис. 4.1.

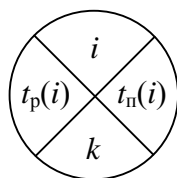


Рис. 4.1. Четырехсекторная модель события сетевого графика

На рис. 4.1 использованы следующие обозначения:  $i$  – номер события;  $t_p(i)$  – раннее время совершения события;  $t_n(i)$  – позднее время совершения события;  $k$  – номер непосредственно предшествующего события.

### 5.3.2. Создание сетевой модели

Создание сетевой модели предполагает следующее.

#### 1. Составление перечня работ

Построение начинается с составления таблицы, в которую записываются:

- 1) шифр работы;
- 2) наименование работы;
- 3) номер начального и конечного события работы;
- 4) продолжительность выполнения работы;
- 5) численность персонала для выполнения работы.

Обязательным условием является соблюдение логической последовательности технологических операций.

#### 2. Построение сетевого графика.

Среди событий сетевого графика выделяют исходное (начальное) событие, обозначающее начало работ, и завершающее (конечное) событие, которое означает окончание всего комплекса работ.

При построении сетевого графика необходимо соблюдать следующие правила [4]:

1) в сетевом графике должно быть одно исходное событие и одно завершающее событие. В нем не должно быть других событий, кроме исходного, которым не предшествует хотя бы одна работа. Кроме того, не должно быть других событий, кроме завершающего, за которыми не следует хотя бы одна работа (т.н. «хвосты» и «тупики»);

2) любые два события сетевого графика должны быть соединены не более, чем одной работой; при необходимости вводятся фиктивные работы;

3) в сетевом графике не должно быть циклов и петель.

Вначале проставляется только номер события, заполняется верхний сектор. Над стрелками ставится продолжительность работ. При использовании трехпараметрической модели приводится три значения продолжительности каждой

работы – в наиболее благоприятных условиях; в наименее благоприятных условиях; среднестатистическая (нормальная) продолжительность.

Затем рассчитывается раннее время совершения события  $t_p(i)$  и заполняются левые сектора. Расчет ведется слева направо. Поскольку событие может совершиться только тогда, когда будут выполнены все входящие в него работы, раннее время его совершения определяется той из входящих в него работ, которая закончится последней. Выражение для его определения следующее:

$$t_p(i) = \max_k \{t_p(k) + t(k, i)\}, \quad (4.1)$$

где  $t_p(k)$  – раннее время совершения каждого из непосредственно предшествующих событий;

$t(k, i)$  – продолжительность каждой из входящих в событие работ.

Номер  $k$ , проставляемый в нижнем секторе, соответствует событию, для которого в (4.1) получена максимальная сумма.

После определения ранних времен совершения событий и заполнения всех левых и всех нижних секторов определяется продолжительность всех возможных путей для нахождения критического пути.

На заключительном этапе определяется позднее время совершения  $t_n(i)$  для каждого события и заполняются все правые сектора. Расчет позднего времени производится от завершающегося события последовательным перебором всех событий графика до исходного события, т.е. справа налево против стрелок работ. На критическом пути  $t_p(i) = t_n(i)$ , на всех остальных путях самое позднее время совершения любого события должно быть таким, чтобы все последующие работы были бы выполнены без нарушения наиболее позднего времени совершения завершающегося события. Позднее время совершения события определяется из выражения

$$t_n(i) = \min_j \{t_n(j) - t(i, j)\}, \quad (4.2)$$

где  $t_n(j)$  – позднее время совершения каждого из непосредственно следующих событий;

$t(i, j)$  – продолжительность каждой выходящей из события работы.

Кроме того, на сетевом графике указывается резерв времени события  $R$ . Это время, в пределах которого может изменяться срок совершения события без нарушения всего срока выполнения работ:

$$R = t_n(i) - t_p(i). \quad (4.3)$$

Над работами показывается продолжительность выполнения работ в днях, над событиями – значение резерва времени. На критическом пути резерв времени отсутствует ( $R=0$ ). Пример сетевого графика показан на рис. 4.2. Критический путь: 1–2–5–6–8–9; показан жирными стрелками. Время критического пути  $T_{кр}=24$  дня.

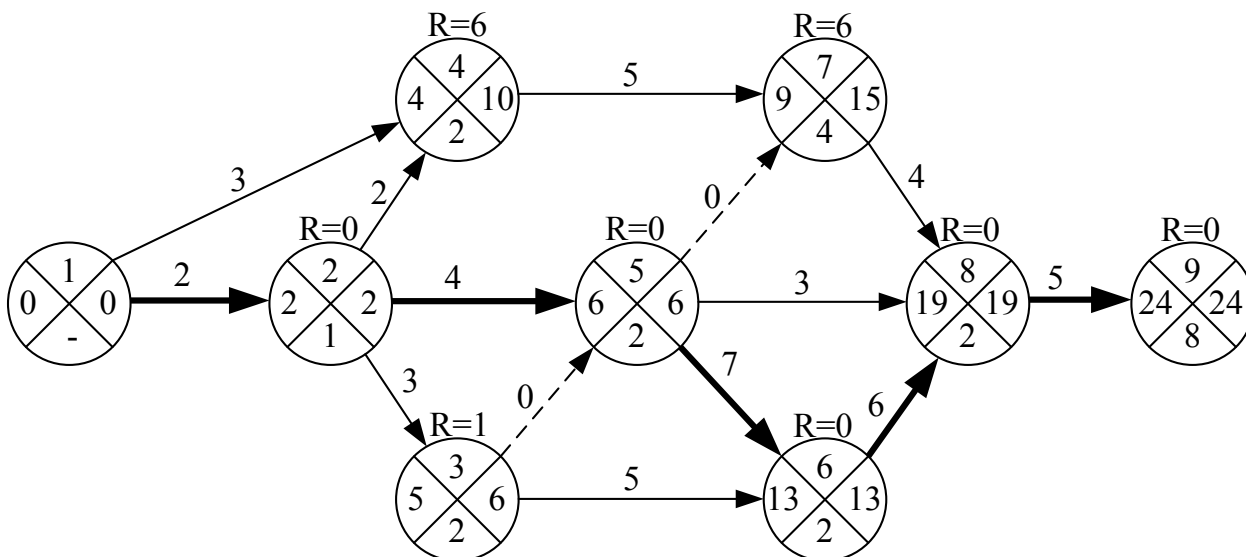


Рис. 4.2. Пример сетевого графика

### 3. Расчет параметров сетевого графика.

В процессе планирования ремонта и, в особенности, при управлении ремонтом, важно располагать следующими сведениями о каждой работе:

1) раннее время начала работы:

$$t_{рн}(i, j) = t_p(i); \quad (4.4)$$

2) раннее время окончания работы:

$$t_{ро}(i, j) = t_p(i) + t(i, j); \quad (4.5)$$

3) позднее время начала работы:

$$t_{пн}(i, j) = t_n(j) - t(i, j); \quad (4.6)$$

4) позднее время окончания работы:

$$t_{по}(i, j) = t_n(j); \quad (4.7)$$

5) полный резерв времени работы:

$$R_n(i, j) = t_n(j) - t_p(i) - t(i, j); \quad (4.8)$$

б) свободный резерв времени работы:

$$R_c = t_p(j) - t_p(i) - t(i, j). \quad (4.9)$$

Полный резерв времени работы – это максимальное время, на которое можно отсрочить начало работы, не изменяя срока выполнения всего комплекса работ.

Свободный резерв времени работы – это максимальное время, на которое можно отсрочить начало или увеличить продолжительность работы при условии, что все предшествующие и все последующие для данной работы события наступят в свои ранние сроки.

Для графика на рис. 4.2 рассчитаем полные резервы времени работ. Результаты приведены в табл. 4.1. Значения  $R_{\Pi}$  будут использованы для построения линейной диаграммы графика.

Таблица 4.1

Расчет полного резерва времени

Код работы	Позднее время совершения конечного события	Раннее время совершения начального события	Длительность работы	Полный резерв времени
1	2	3	4	5
1–2	2	0	2	0
1–4	10	0	3	7
2–3	6	2	3	1
2–4	10	2	2	6
2–5	6	2	4	0
3–5	6	5	0	1
3–6	13	5	5	3
4–7	15	4	5	6
5–6	13	6	7	0
5–7	15	6	0	9
5–8	19	6	3	10
6–8	19	13	6	0
7–8	19	9	4	6
8–9	24	19	5	0

### ***5.3.3. Оптимизация сетевого графика***

#### **1. Оптимизация по времени. Сжатие графика.**

Представляет собой приведение критической продолжительности сетевой модели к директивной продолжительности. Это осуществляется использованием комплекса мероприятий:

1) анализируются работы для выявления и корректировки завышения временных оценок;

2) изыскивается возможность изменения принятой технологии ремонта, определяющей порядок предшествования с целью выведения этих работ в параллельное проведение;

3) рассматривается возможность сокращения длительности работ путем применения механизмов или совершенствования методов производства;

4) осуществляется ускорение производства работ путем увеличения численности работающих.

При этом надо учитывать следующее:

– не все ремонтные операции допускают возможность ускорения путем увеличения числа работающих;

– для каждого рабочего места могут быть установлены предельные значения численности работающих по условиям обеспечения техники безопасности или в связи с характером работ.

Возможны два способа сжатия – ускорение работ критического пути за счет увеличения числа работающих и создание нового критического пути путем разбиения работ и параллельного выполнения части из них.

#### **2. Оптимизация по трудовым ресурсам.**

При организации ремонтов оборудования электростанций в качестве основного ограничения выступает численность ремонтного персонала. Исходя из этого очень важно обеспечить предельно возможную экономию трудовых затрат на ремонт и использовать все возможности для выполнения полного объема ремонтных работ с наименьшим количеством персонала. Оптимизация по трудовым ресурсам осуществляется после составления сетевого графика и оптимизации его по времени.

Суть задачи – обеспечение равномерного использования трудовых ресурсов на протяжении выполнения всего комплекса работ. Основным методом решения этой задачи является сдвиг части работ из положения, соответствующего наиболее раннему времени их начала, на более позднее время в пределах полного резерва. Результатом будет выравнивание графика трудовых ресурсов.

Сначала строится исходный график потребности трудовых ресурсов. Для построения графика потребности трудовых ресурсов необходимо построить линейную диаграмму обеспечения трудовых ресурсов. Для построения линейной диаграммы проводят вертикальную и горизонтальную оси. Горизонтальная ось делится на равные отрезки по числу дней критического пути. Вертикальная



образность сдвига работ выявляется расчетом столбцов нарастающих сумм. Для этого для анализируемой работы составляется таблица из пяти столбцов. В первом столбце проставляются номера строк, во втором столбце пишется суммарная численность персонала в дни резерва рассматриваемой работы. В третьем столбце указывается суммарная численность персонала, начиная с первого дня исходного положения работы, без численности исполнителей данной работы, до занятия всех строк второго столбца. Четвертый столбец заполняется разностями значений численности 2 и 3 столбца каждой строки. В пятом столбце указываются нарастающие суммы.

Если в пятом столбце все числа положительные, то сдвиг рассматриваемой работы нецелесообразен. Если в нем есть отрицательные значения, то необходимо определить отрицательное число, наибольшее по модулю, и найти порядковый номер строки, в которой это число появилось первый раз. Эту работу желательно сдвинуть вправо на количество дней, равное порядковому номеру данной строки (в примере по табл. 4.2 – на два дня).

В соответствии с этим сдвигом производится корректировка суммарной численности персонала в дни исходного и нового положения работы. При сдвиге следующей работы эти цифры будут исходными. После сдвига всех работ линейной диаграммы рекомендуется сделать второй цикл оптимизации аналогично первому для тех работ, полный резерв времени которых не исчерпан.

Таблица 4.2

Определение целесообразности сдвига работы

I	II	III	IV	V
1	7	7	0	0
2	4	7	-3	-3
3	4	4	0	-3
4	4	4	0	-3
5	8	4	4	1
6	6	8	-2	-1

После этого в большинстве случаев наблюдается выравнивание графика трудовых ресурсов. Пример для бригады по ремонту высоковольтного оборудования электроучастка ТЭЦ показан на рис. 4.4.

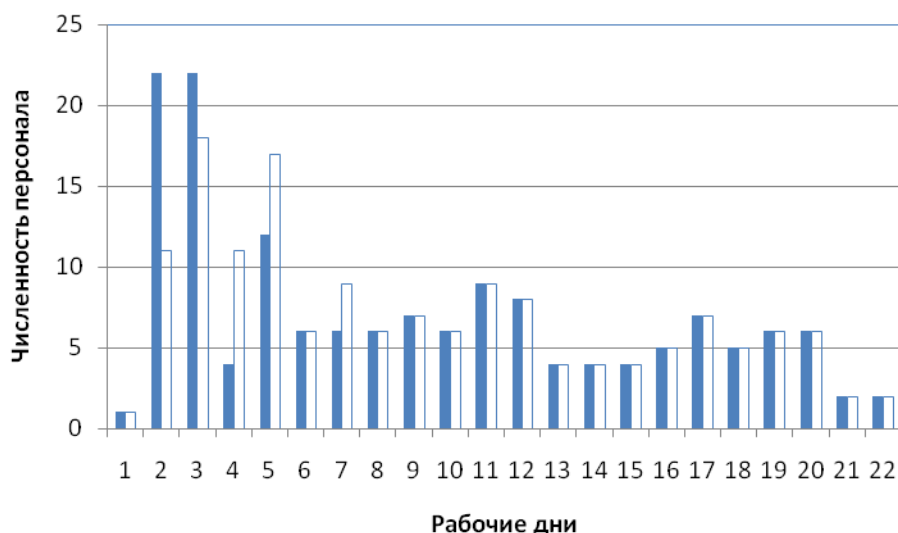


Рис. 4.4. Исходный график трудовых ресурсов (сплошные столбцы) и график после одного цикла оптимизации (прозрачные столбцы)

## 6. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АО «ЭЛЕКТРОСЕТЬСЕРВИС ЕНЭС»

### 6.1. Общие сведения

АО «Специализированная электросетевая сервисная компания Единой национальной электрической сети» (АО «Электросетьсервис ЕНЭС») было создано в 2008 г. на базе филиала ОАО «ФСК ЕЭС» по специальным работам в электрических сетях «Электросетьсервис». Предшественником являлось подразделение РАО «ЕЭС России» «Дальние электропередачи».

Основными видами деятельности являются ремонт, техническое обслуживание воздушных линий электропередач, трансформаторного и реакторного подстанционного оборудования, в том числе замена высоковольтных вводов; аварийно-восстановительные работы на электросетевых объектах повышенной сложности и иного технологического оборудования, связанного с функционированием электросетевого хозяйства и инфраструктуры рынка электрической энергии. АО «Электросетьсервис ЕНЭС» специализируется на выполнении особо сложных аварийно-восстановительных и ремонтных работ, а также диагностике электротехнического оборудования, требующих специального опыта и квалификации персонала.

АО «Электросетьсервис ЕНЭС» является членом саморегулируемой организации «Национальное объединение строителей» (СРО НОСТРОЙ).

### 6.2. Организационная структура

Организационная структура АО «Электросетьсервис ЕНЭС» включает в себя<sup>3</sup>:

1. Исполнительный аппарат акционерного общества;

<sup>3</sup> По данным официального сайта АО «Электросетьсервис ЕНЭС» [www.ees-enes.ru](http://www.ees-enes.ru)

## 2. 7 филиалов АО «Электросетьсервис ЕНЭС»:

1) Специализированная производственная база (СПБ) «Электросетьремонт» (г. Ногинск Московской обл.).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и подстанции Верхне-Донского, Волго-Донского, Вологодского, Московского, Приокского, Чернозёмного предприятий МЭС Центра, расположенные на территории города Москвы, Московской, Владимирской, Рязанской, Тульской, Калужской, Орловской, Курской, Белгородской, Воронежской, Липецкой, Тамбовской Ивановской, Костромской, Нижегородской областей, и всех предприятий МЭС Сибири, расположенные на территории Сибирского федерального округа;

2) Новгородская СПБ (Новгородская обл., д. Новая Мельница).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и подстанции Ленинградского, Новгородского, Выборгского, Карельского предприятий МЭС Северо-Запада, Валдайского и Вологодского предприятий МЭС Центра, расположенные на территории Мурманской, Ленинградской, Новгородской, Псковской, Брянской, Смоленской, Калининградской, Архангельской, Тверской, Вологодской и Ярославской областей, республик Карелии и Коми;

3) Средневожская СПБ (г. Самара).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и ПС Средне-Волжского и Нижне-Волжского предприятия МЭС Волги, Волго-Донского предприятия МЭС Центра, расположенные на территории Ульяновской, Пензенской, Саратовской, Самарской, Волгоградской и Астраханской областей, республик Мордовия, Марий Эл, Чувашской Республики;

4) Южная СПБ (г. Пятигорск).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и ПС Ставропольского, Кубанского, Ростовского и Каспийского предприятий МЭС Юга, расположенные на территории Ставропольского и Краснодарского краев, Ростовской области, республик Северная Осетия – Алания, Адыгея, Ингушетия, Дагестан, Карачаево-Черкесской, Кабардино-Балкарской; Чеченской республик;

5) Уральская СПБ (г. Екатеринбург).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и ПС Свердловского, Пермского и Южно-Уральского предприятий МЭС Урала, расположенные на территории Свердловской, Челябинской, Курганской, Кировская, Оренбургской областей, Республики Удмуртия и Пермского края;

6) Западно-Сибирская СПБ (г. Сургут).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и ПС МЭС Западной Сибири, расположенные на территории Тюменской области; Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов;

7) Восточная СПБ (г. Хабаровск).

В зону обслуживания филиала входят ВЛ и ПС Амурского, Приморского и Хабаровск предприятий МЭС Востока, расположенных на территории Дальневосточного федерального округа.

География расположения производственных баз показана на рис. 6.1.

Структура исполнительного аппарата приведена на рис. 6.3.

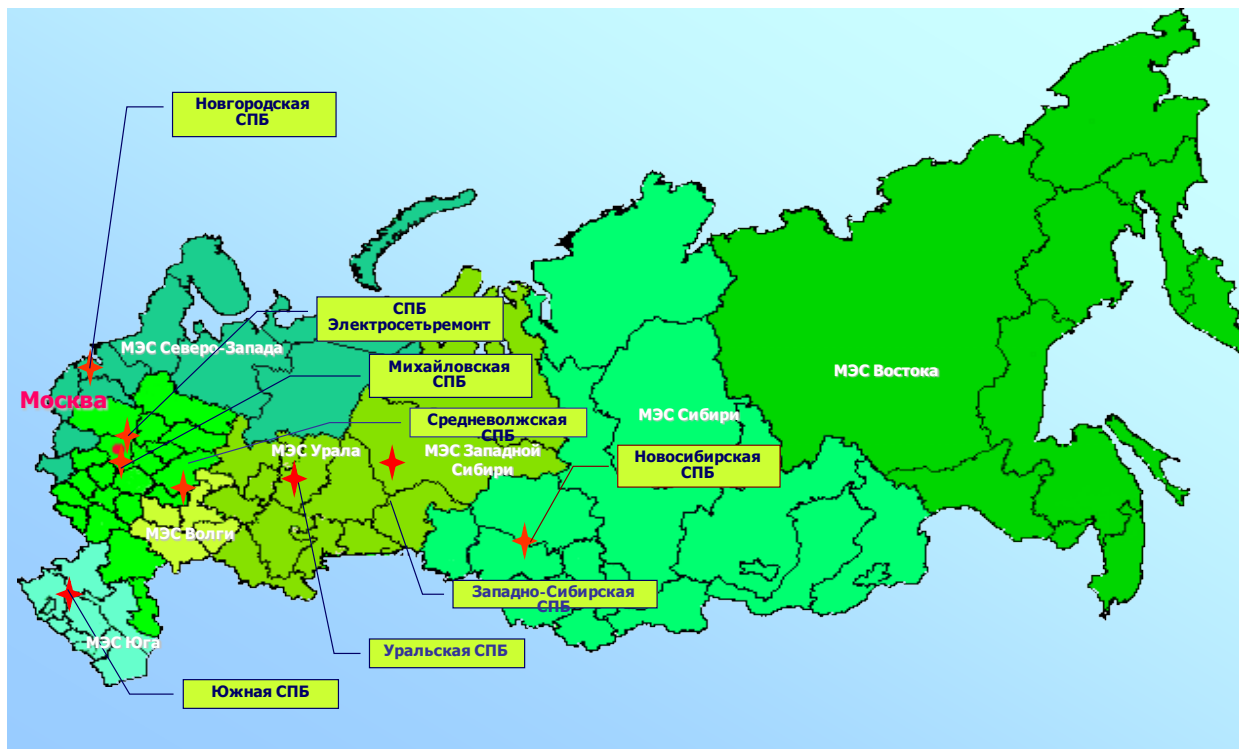


Рис. 6.1. География расположения производственных баз

География расположения производственных баз соответствует структуре филиалов ПАО «Федеральная сетевая компания ЕЭС», приведенной на рис. 6.2<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> По данным официального сайта ПАО «ФСК ЕЭС» [www.fsk-ees.ru](http://www.fsk-ees.ru)

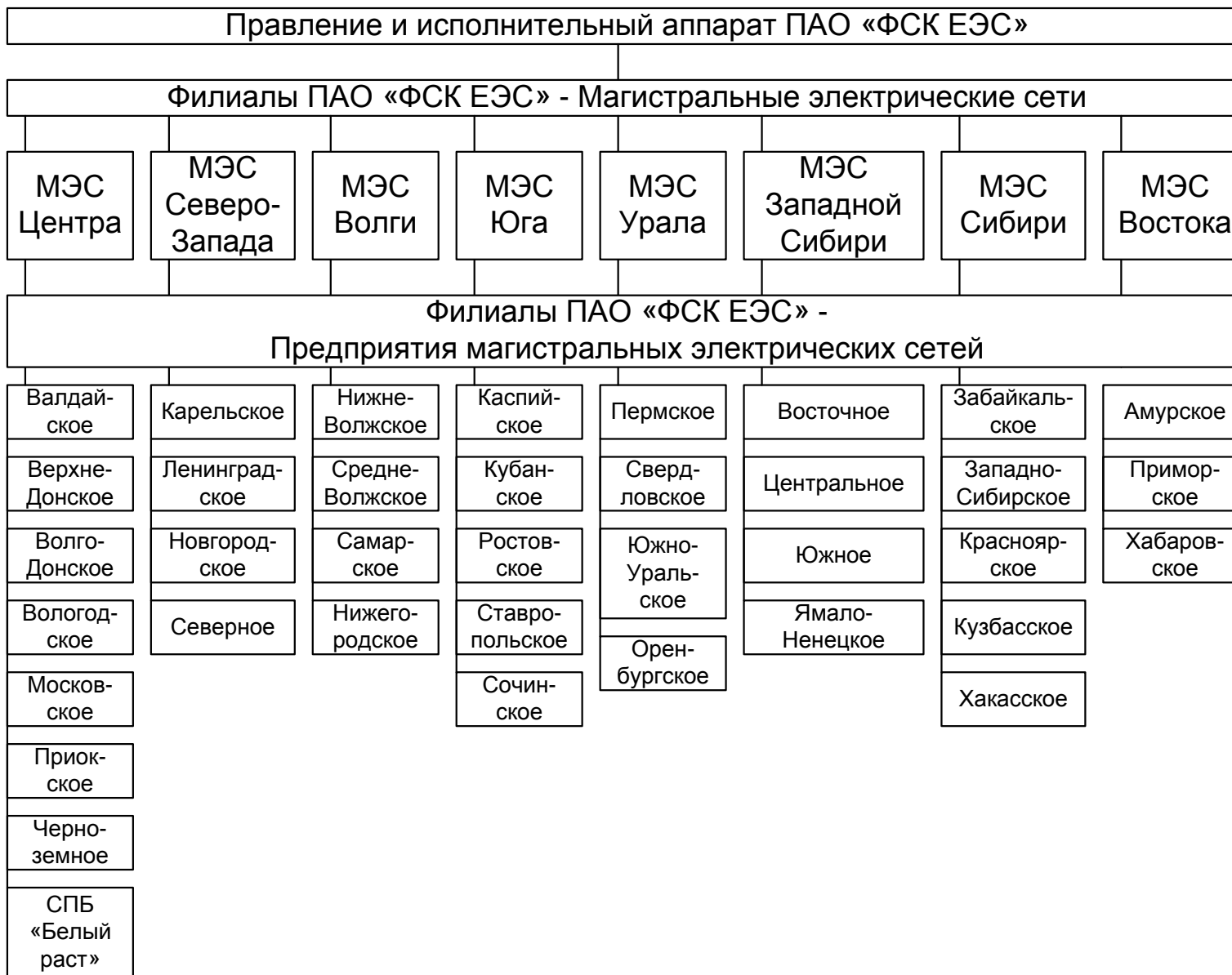


Рис. 6.2. Структура ПАО «ФСК ЕЭС»

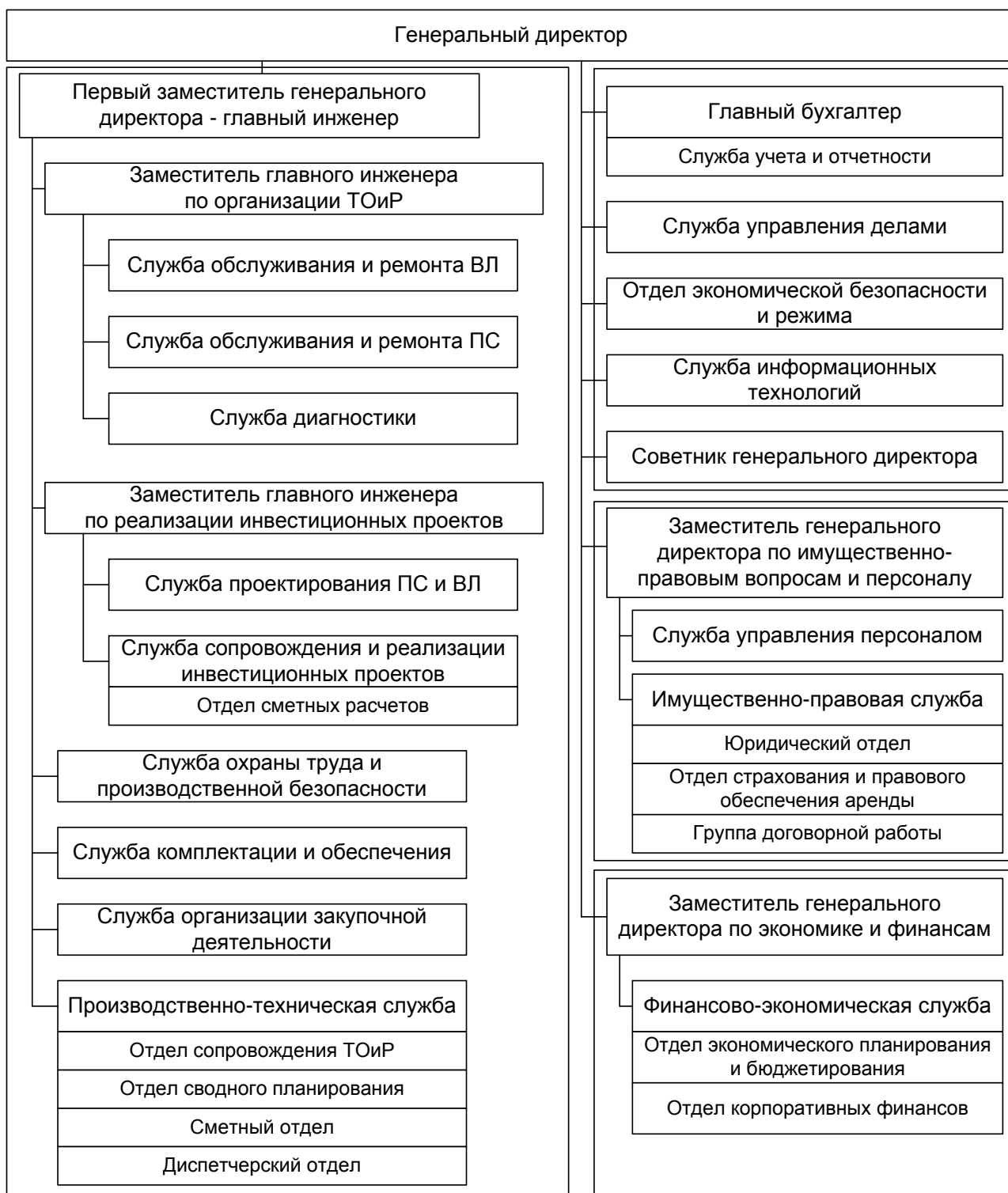


Рис. 6.3. Структура исполнительного аппарата АО «Электросетьсервис ЕНЭС»

### 6.3. Выполняемые работы

К уникальным технологиям и инновациям, используемым в АО «Электросетьсервис ЕНЭС», относятся:

- 1) монтаж волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) под напряжением;
- 2) замена нижних частей опор ВЛ без отключения линий;
- 3) регенерация трансформаторного масла под рабочим напряжением;

- 4) диагностика вращающихся электрических машин;
- 5) работы на спецпереходах ВЛ.
- 6) оптический контроль состояния внешней изоляции;
- 7) измерения электромагнитного излучения высоковольтного оборудования с выявлением дефектов в изоляции, связанных с частичными разрядами;
- 8) измерения импульсных характеристик заземляющих устройств и помехозащищенности вторичных цепей РЗА.

Основная специализация АО «Электросетьсервис ЕНЭС» – выполнение целевых программ ОАО «ФСК ЕЭС» по повышению надежности линий электропередачи: замена морально и физически устаревших грозотросов, фарфоровых изоляторов, железобетонных опор, дистанционных распорок и др. Это одна из немногих компаний мира и единственная компания в России, постоянно выполняющая ремонтные работы на линиях электропередачи под напряжением. Так, с 1995 года по 2009 г. на линиях электропередачи Единой национальной электрической сети была выполнена замена 55 тысяч фарфоровых изоляторов, 70 тысяч дистанционных распорок, установка 3,5 тысячи гасителей пляски и 3,5 тысячи гасителей вибрации на проводах, ремонт более 300 мест повреждений провода, а также другие работы [8].

В рамках подготовки к проведению Олимпиады в 2014 году в г. Сочи в 2007-2008 гг. на ВЛ 220 кВ «Центральная – Дагомыс», проходящей по горам Северного Кавказа и являющейся основной питающей ВЛ Сочинского региона, была проведена уникальная работа по установке под напряжением 630 линейных ограничителей перенапряжений, применение которых позволило отказаться от грозозащитного троса и повысить надежность работы ВЛ в условиях сильного гололедообразования и значительно повысить грозоупорность ВЛ в грозовой сезон.

Одним из направлений специальных работ на ВЛ является выполнение ремонтных работ на спецпереходах ВЛ через большие водные преграды: ремонт проводов, замена дистанционных распорок и гасителей вибрации, установка гасителей пляски на проводах, замена роликовых подвесов, замена предохранительных муфт на спиральные протек горы, замена изоляторов. В 2007-2009 годах компания выполнила замену проводов и грозотросов (под тяжением) на 4 одноцепных двухкилометровых спецпереходах ВЛ 220 кВ Балаково-1 и ВЛ 220 кВ Балаково-2 через правую и левую протоки (1300 м) реки Волга в районе Саратовской ГЭС.

Учитывая сложности отключения системообразующих линий электропередачи, в 2008 г. ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» разработало технологию монтажа ВОЛС на ВЛ под напряжением. В 2008-2009 годах с применением разработанной технологии на ВЛ 220 кВ Московского региона был выполнен монтаж под напряжением более 100 км ВОЛС. Технология позволяет выполнять работы без отключения ВЛ, на которой монтируется ВОЛС, а также без

отключения пересекаемых ВЛ и остановки движения на федеральных автотрассах и железнодорожных магистралях.

#### **6.4. Деятельность в рамках СРО**

На настоящий момент часть контрольно-надзорных функций государством делегирована саморегулируемым организациям (СРО). В соответствии с действующим законодательством<sup>5</sup> вступление в СРО является во многих случаях добровольным, но возможно только по месту регистрации.

Саморегулируемые организации объединяют компании одной отрасли с целью контроля и регулирования их профессиональной деятельности. СРО разрабатывают стандарты качества проведения работ, оказания услуг и производства продукции, а также оценивают соответствие членов или заявителей организации данным и иным законодательно установленным требованиям. Сейчас СРО выступает посредником между компаниями-членами и государством либо участниками рынка, занимаясь урегулированием возникающих конфликтов. К преимуществам вступления в СРО можно отнести следующее [9]:

- 1) СРО имеют право представлять своих членов в суде;
- 2) участие в СРО позволяет обмениваться опытом и повышать уровень квалификации в компании любого члена СРО;
- 3) легче отслеживать аукционы и тендеры, оценивать уровень конкуренции;

С 27.04.2017 АО «Электросетьсервис ЕНЭС» является членом саморегулируемой организации «Национальное объединение строителей» (СРО НОСТРОЙ, рег. номер СРО-С-130-21122009).

Организационная структура СРО НОСТРОЙ показана на рис. 6.4.

---

<sup>5</sup> Федеральный закон от 3 июля 2016 года № 372-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

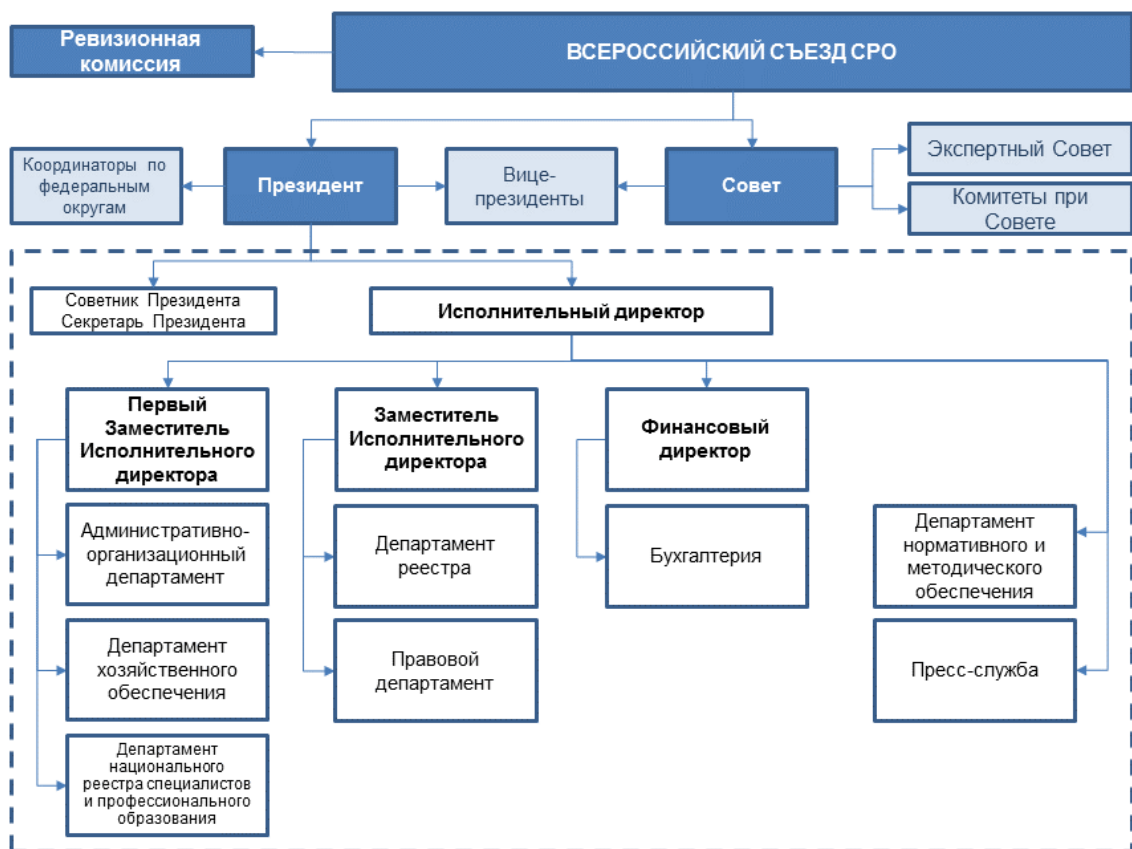


Рис. 6.4. Организационная структура СРО «Ассоциация «Национальное объединение строителей»

НОСТРОЙ имеет достаточно обширную систему стандартов (стандарты – СТО НОСТРОЙ; рекомендации – Р НОСТРОЙ), в которую входят:

- основополагающие стандарты Системы стандартизации НОСТРОЙ (подготовка стандартов, их утверждение, переработка и т.д.);
- стандарты деятельности СРО (членство, защита прав, дисциплинарное воздействие и др.);
- квалификационные стандарты (организатор производства работ, организатор строительства, руководитель организации);
- стандарты на процессы выполнения работ по строительству;
- рекомендации;
- проекты межгосударственных и национальных документов по стандартизации;
- проекты сводов правил.

Деятельность по строительству, монтажу, реконструкции и пусконаладочным работам на объектах электроэнергетики нормируется следующими стандартами СРО:

- 1) СТО НОСТРОЙ 2.20.149-2014 «Организация строительства и реконструкции объектов электросетевого хозяйства. Общие требования»;

2) СТО НОСТРОЙ 2.20.150-2014 «Система контроля проведения работ при строительстве и реконструкции объектов электросетевого хозяйства. Общие требования»;

3) СТО НОСТРОЙ 2.24.213-2016 «Организация выполнения пусконаладочных работ на объектах электросетевого хозяйства. Общие требования»;

4) СТО НОСТРОЙ 2.24.212-2016 «Организация выполнения пусконаладочных работ на тепловых электрических станциях. Общие требования».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнилов Ю.В., Крюков В.И. Обслуживание и ремонт электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Высш. шк., 1986. – 335 с.
2. Кудрин Б.И., Минеев А.Р. Электрооборудование промышленности. – М.: ИЦ «Академия», 2008. – 432 с.
3. Макаров Е.Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей. – М.: ИРПО: ИЦ «Академия», 2003. – 448 с.
4. Плескунов М.А. Задачи сетевого планирования. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 92 с.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 264 с.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 304 с.
7. Сетевые модели планирования ремонта электрооборудования / Н.В. Гусева, А.Г. Сошинов, Н.Ю. Шевченко, Ю.В. Лебедева. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. – 35 с.
8. Батраков А.М. Специализированные ремонты Единой национальной электрической сети // Рынок электротехники. – №4(16). – 2009. – <http://www.ees-enes.ru>
9. Саморегулируемые организации как закономерный этап эволюции контрольно-надзорной системы РФ // Комсомольская правда. – 08.02.2016. – <https://www.kp.ru/guide/samoreguliruemye-organizatsii.html>

Учебное текстовое электронное издание

**Малафеев Алексей Вячеславович**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

0,63 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2018 год  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»  
Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,  
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»  
Кафедра электроснабжения промышленных предприятий  
Центр электронных образовательных ресурсов и  
дистанционных образовательных технологий  
e-mail: ceor\_dot@mail.ru