

**Владимирский государственный университет**

**Ю. П. МАКСИМОВ**

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ  
АКТИВАМИ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

**Учебное пособие**

**Владимир 2026**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Ю. П. МАКСИМОВ

# УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Учебное пособие



Владимир 2026

ISBN 978-5-9984-2116-7  
© Максимов Ю. П., 2026

УДК 621.31

ББК 31.2

Рецензенты

Заместитель главного инженера по управлению  
производственными активами  
филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» «Владимирэнерго»  
*А. А. Виноградов*

Кандидат технических наук, доцент  
доцент кафедры электроники, приборостроения и биотехнических  
систем Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*В. В. Евграфов*

**Максимов, Ю. П.**

Управление производственными активами и эксплуатация систем электроэнергетики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Владимир. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2026. – 116 с. – ISBN 978-5-9984-2116-7. – Электрон. дан. (1,47 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Рассматриваются базовые положения, связанные с управлением производственными активами и вопросами эксплуатации электроэнергетических систем. Выполнен разбор оборотных активов предприятия и освещены основные направления повышения эффективности их использования. Отдельное внимание уделено функциям и методам управления производственными активами, а также ряду методик, применяемых при внедрении соответствующих систем управления. Кроме того, в пособии изложены общие подходы к разработке стандарта предприятия. Существенная часть материала посвящена эксплуатации электроэнергетических систем, включая управление и ведение режимов их работы, организацию ремонтов, вопросы эксплуатации элементов электрических сетей и распределительных сетей.

Предназначено для студентов вузов направления подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника (профиль «Оптимизация электроэнергетических сетей») всех форм обучения.

Табл. 3. Ил. 4. Библиогр.: 5 назв.

ISBN 978-5-9984-2116-7

© Максимов Ю. П., 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Глава 1. АНАЛИЗ ОБОРОТНЫХ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ .....	7
1.1. Классификация, состав и структура оборотных активов ....	7
1.2. Методика проведения анализа оборотных активов предприятия .....	12
1.3. Пути оптимизации эффективности использования оборотных активов предприятия и оценка эффективности предложенных мероприятий.....	14
Контрольные вопросы .....	19
Глава 2. ФУНКЦИИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ .....	20
2.1. Классификация функций управления .....	20
2.2. Классификация методов управления .....	27
2.2.1. Экономические методы управления .....	28
2.2.2. Организационно-распорядительные методы управления.....	30
2.2.3. Социально-психологические методы управления .....	32
Контрольные вопросы .....	34
Глава 3. МЕТОДИКИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ .....	35
3.1. Суть методик, используемых при внедрении систем управления производственными активами (СУПА) .....	35
3.2. Индекс технического состояния оборудования.....	36
3.3. Управление рисками .....	37
3.3.1. Классификация рисков .....	37
3.3.2. Управление рисками и методы их оценки .....	38
3.3.3. Риски в электроэнергетике.....	41
Контрольные вопросы .....	42
Глава 4. СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	44
4.1. Общие положения .....	44
4.2. Цель и задачи управления активами предприятия .....	45

4.3. Принципы управления производственными активами.....	46
4.4. Принципы организации данных .....	47
4.5. Методическое обеспечение управления активами.....	48
4.6. Принципы анализа эффективности управления производственными активами .....	50
Контрольные вопросы .....	51
<b>Глава 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ .....</b>	<b>52</b>
5.1. Управление и ведение режимов систем электроэнергетики .....	52
5.1.1. Управление энергосистемами в нормальном режиме ....	53
5.1.2. Управление энергосистемами в аварийном режиме .....	55
5.1.3. Восстановление энергосистемы после крупных аварий ...	56
Контрольные вопросы .....	58
5.2. Виды ремонтов элементов ЭЭС .....	58
5.2.1. Выбор целесообразной системы ремонтов оборудования ЭЭС.....	59
5.2.2. Планирование капитальных и текущих ремонтов оборудования ЭЭС .....	62
Контрольные вопросы .....	65
5.3. Эксплуатация элементов электрических сетей.....	65
5.3.1. Эксплуатация трансформаторов.....	65
5.3.2. Эксплуатация оборудования распределительных устройств .....	69
5.3.3. Эксплуатация воздушных линий электропередачи.....	73
5.3.4. Эксплуатация силовых кабельных линий .....	78
Контрольные вопросы .....	81
5.4. Эксплуатация распределительных сетей.....	82
5.4.1. Функции предприятия, эксплуатирующего распределительные сети .....	82
5.4.2. Оперативная подготовка ремонтных работ .....	84
5.4.3. Организация ремонта распределительных сетей .....	84
5.4.4. Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ .....	89
Контрольные вопросы .....	112
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>114</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>115</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение профильного курса «Управление производственными активами и эксплуатация систем электроэнергетики» логично начать с фиксации базового понятийного аппарата. В первую очередь это касается таких фундаментальных экономических категорий, как «активы» и «пассивы», без понимания которых невозможен дальнейший анализ работы энергопредприятия.

С точки зрения финансов, активы аккумулируют все имущество организации, которое имеет четкую денежную оценку и напрямую задействовано в генерации прибыли. Традиционно эту базу делят на два крупных блока в зависимости от скорости оборачиваемости капитала. К внеоборотным активам относят ресурсы длительного пользования (срок службы которых превышает один год): производственное оборудование, здания, нематериальные ценности и долгосрочные инвестиции. В свою очередь, оборотные активы обеспечивают текущую операционную деятельность – это сырьевая база, запасы материалов, дебиторская задолженность, а также остатки средств на расчетных и валютных счетах, чей цикл использования полностью укладывается в один год.

Пассивы же следует рассматривать как источники происхождения упомянутого имущества. Они наглядно демонстрируют, за счет чьих именно средств был сформирован баланс предприятия. Структурно здесь выделяют три ключевых сегмента. Первый – это собственный капитал и резервы, куда входят уставный и резервный фонды плюс нераспределенная прибыль. Оставшиеся два сегмента отражают привлеченное финансирование: долгосрочные обязательства покрывают кредиты и займы со сроком погашения более двенадцати месяцев, тогда как в категорию краткосрочных попадают текущие долги со сроком закрытия до одного года. К последним относят не только расчеты с персоналом и контрагентами, но и доходы будущих периодов.

Если переходить непосредственно к менеджменту производственных фондов, то в современных инженерных реалиях он трактуется как жестко скоординированная работа с эксплуатационными режимами, бюджетированием и технологическими рисками. Главным ориентиром здесь всегда служит достижение триады: требуемой

надежности, промышленной безопасности и максимальной финансовой отдачи от вложенных средств.

Фундаментальный вызов, стоящий перед системой управления, заключается в поиске точки оптимума – идеального баланса между объемами вливаний в оборудование и реальной вероятностью его отказа. Решение этой задачи требует комплексного подхода: специалистам необходимо планомерно снижать совокупную стоимость владения техникой, повышать эффективность капиталовложений и радикально урезать издержки на ликвидацию возможных аварий. Как закономерный итог внедрения такой системы, предприятие получает на руки математически и экономически обоснованные планы проведения ТОиР, графики замен и программы модернизации.

Собственно, предлагаемая дисциплина ставит своей целью сформировать у магистрантов системное понимание механизмов эксплуатации электроэнергетических систем и управления их фондами. Логика изложения материала выстроена последовательно. Так, первая глава полностью посвящена детальному разбору оборотных активов предприятия: приводится их подробная классификация и анализируются реальные механизмы повышения эффективности их использования. Вторая глава смещает фокус на прикладные функции и инструментарий управления производственными активами, где основной акцент сделан на грамотном синтезе экономических, организационно-распорядительных и социально-психологических методов воздействия.

В третьей главе кратко раскрыта сущность ряда методик, широко применяемых при построении систем управления производственными активами предприятия. Здесь также рассмотрены такие понятия, как индекс состояния оборудования и управление рисками, и приведены методы их оценки.

Четвёртая глава посвящена основополагающему для управления производственными активами документу – **стандарт предприятия**. В нем указываются цели, задачи, принципы управления и организации данных, анализ эффективности управления производственными активами предприятия.

В пятой главе рассмотрены вопросы, связанные с эксплуатацией систем электроэнергетики, а именно, управлением и ведением режимов энергосистемы. Рассмотрены виды ремонтов электроэнергетических систем, вопросы эксплуатации элементов электрических сетей и эксплуатации распределительных сетей.

# **Глава 1. АНАЛИЗ ОБОРОТНЫХ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ**

## **1.1. Классификация, состав и структура оборотных активов**

Формирование активов предприятия направлено на обеспечение его текущих потребностей, поддержание непрерывности производственного процесса и достижение высокой результативности операционной деятельности. Устойчивость финансового состояния предприятия в значительной мере определяется структурой вложенного капитала, составом активов и уровнем дохода, который они обеспечивают.

В силу разнообразия активов их принято классифицировать по нескольким признакам. Одним из основных является характер участия в хозяйственной деятельности и скорость обращения. По этому признаку активы подразделяются на внеоборотные и оборотные. Наибольшее значение в анализе обычно имеют оборотные активы, поскольку они занимают существенную долю в валюте баланса. Данная часть капитала отличается высокой подвижностью, а результаты её использования непосредственно влияют на итоги хозяйственной деятельности и общее финансовое положение предприятия.

Анализ оборотных активов проводится с целью своевременного выявления недостатков в управлении оборотным капиталом и определения внутренних резервов повышения эффективности его использования. В первую очередь при таком анализе рассматриваются изменения состава и структуры оборотных активов. Стабильность их структуры обычно свидетельствует о налаженном процессе производства и реализации продукции, тогда как существенные изменения могут указывать на нарушения в работе предприятия.

К оборотным активам относятся денежные средства, товарно-материальные запасы, дебиторская задолженность, краткосрочные финансовые вложения и иные элементы, полностью потребляемые в пределах одного производственного цикла либо в течение одного года. В экономическом смысле оборотные активы представляют собой совокупность имущественных и финансовых ценностей, используемых в краткосрочном периоде. Управление ими направлено на установление необходимого объёма, рациональной структуры и оптимальных источников финансирования.

Оборотные средства, которые также обозначаются как оборотный капитал, текущие, мобильные или оборотные активы, обеспечивают текущую деятельность предприятия и регулярно возобновляются в процессе хозяйственного оборота. Вложения в такие активы совершают не менее одного полного оборота за год либо за один производственный цикл, если его продолжительность превышает один год.

Оборачиваемость вложений характеризует последовательное движение оборотных средств в рамках хозяйственного цикла предприятия. Этот процесс включает следующие стадии:

- денежные средства авансируются в производственные запасы;
- производственные запасы передаются в производство;
- готовая продукция поступает на склад;
- продукция отгружается потребителю;
- выручка от реализации зачисляется на счёт предприятия;
- полученные денежные средства вновь используются для приобретения сырья и материалов.

Анализ свойств оборотных активов позволяет выделить их преимущества и ограничения. К основным достоинствам относится высокая ликвидность и возможность быстрого управленческого воздействия на их состояние. Вместе с тем данная группа активов имеет и ряд существенных недостатков:

- дебиторская задолженность и денежные средства подвержены инфляционному обесценению;
- хранение товарно-материальных запасов сопровождается потерями, связанными с естественной убылью, внутренними перемещениями и возможными нарушениями со стороны персонала;
- временно неиспользуемые оборотные средства не формируют доход, а избыточные запасы вызывают дополнительные расходы на их содержание.

Эффективное управление оборотными активами требует их предварительной систематизации. В финансовом менеджменте их классификация строится по ряду признаков.

- По источникам формирования выделяют валовые, чистые и собственные оборотные активы.
- Валовые оборотные активы отражают весь объём оборотных средств, сформированных за счёт как собственного, так и заёмного капитала.
- Чистые оборотные активы характеризуют ту часть оборотных

средств, которая образована за счёт собственных источников и долгосрочных заёмных средств со сроком привлечения свыше 12 месяцев.

Вычисление величины чистого оборотного капитала (чистых оборотных активов) осуществляется на основании следующей зависимости:

$$\text{ЧОА} = \text{ОА} - \text{ТФО},$$

в которой ЧОА отражает результирующий объем мобильных средств организации; ОА представляет совокупную стоимость валовых текущих активов; ТФО соответствует величине текущих финансовых обязательств краткосрочного характера.

Собственные оборотные активы фиксируют ту долю мобильного капитала, формирование которой обеспечено за счет внутреннего капитала предприятия. Данный показатель рассчитывается по формуле

$$\text{СОА} = \text{ОА} - \text{ДЗК} - \text{ТФО},$$

где СОА является итоговой суммой собственных оборотных средств; ОА – общий объем валовых текущих активов; ДЗК – объем привлеченного долгосрочного заемного капитала, направленного в оборот; ТФО – текущие финансовые обязательства организации. В ситуациях, когда субъект хозяйствования не привлекает долгосрочные кредитные ресурсы для обеспечения текущей деятельности, значения собственных и чистых оборотных активов принимаются эквивалентными.

Наряду с внеоборотными фондами функционирование предприятия детерминировано наличием научно обоснованного объема оборотных ресурсов. Оборотные активы классифицируются как часть имущественного комплекса, элементы которого полностью потребляются в рамках одного производственно-коммерческого цикла, перенося свою стоимость на готовую продукцию и возмещаясь в денежной форме из выручки текущего периода. Оборотный капитал выступает гарантом непрерывности движения денежных потоков. Являясь наиболее динамичным компонентом совокупного капитала, данные активы определяют экономическую эффективность и платежеспособность организации.

Совокупность текущих средств организации объединяет финансовые ресурсы, предназначенные для создания производственных фондов и фондов обращения, обеспечивающих стадию реализации продукции. Ключевая задача аналитической работы заключается в оперативной диагностике дефектов управления капиталом и поиске путей интенсификации его использования. При оценке структуры ресурсов первичным фактором устойчивости признается рациональность распределения капитала по технологическим этапам: от закупок и производства до сбыта.

Текущие активы детерминируют стабильность операционных процессов и ликвидность баланса, в связи с чем их объем должен соответствовать критерию минимальной достаточности. Профицит запасов провоцирует снижение рентабельности и замедление оборачиваемости, в то время как дефицит ведет к потере платежеспособности. Это обуславливает необходимость прецизионного нормирования потребности в оборотном капитале.

Структура вложений на каждой стадии воспроизводственного цикла зависит от технологического регламента и отраслевой специфики. Материалоемкие производства требуют концентрации ресурсов в сырьевых запасах, тогда как процессы с длительным циклом изготовления продукции характеризуются высокой долей незавершенного производства. Высокая лабильность оборотных активов требует постоянного мониторинга деловой активности.

Процесс управления запасами сырья, незавершенным производством и готовыми изделиями базируется на расчете оптимальной потребности, исключающей простои оборудования и срывы поставок. Научная оптимизация объемов направлена на минимизацию затрат, авансируемых в товарно-материальные ценности. Нормирование оборотных средств позволяет зафиксировать минимальный лимит собственных ресурсов, необходимый для поддержания финансовой автономности.

Значимость данной проблемы усилилась в условиях трансформации экономических отношений, когда перед субъектами энергетики остро встал вопрос повышения инвестиционной привлекательности и максимизации прибыли через эффективное распоряжение имуществом. Бесперебойность операционной деятельности – от непосредственного выпуска изделий до их ритмичной отгрузки покупателям –

всецело базируется на достаточности оборотных средств. Именно за счет непрерывного кругооборота этого капитала закладывается основа для возобновления каждого последующего производственного этапа.

В учетной практике классификация подобных мобильных активов традиционно выстраивается вокруг их функционального назначения. В частности, структуру принято делить на следующие ключевые компоненты:

- **Сырьевые резервы и полуфабрикаты.** По сути, это весь входящий ресурсный поток, физическое наличие которого выступает обязательным базовым условием для инициации любых технологических процессов на предприятии.

- **Готовые к сбыту товарные остатки и незавершенное производство.** Эта группа активов иллюстрирует уже исходящий материальный поток ценностей. Примечательно, что на производствах со сложным и растянутым во времени технологическим регламентом объемы «незавершенки» целесообразно обособлять в качестве самостоятельной учетной единицы.

- **Дебиторская задолженность текущего характера.** Данный показатель аккумулирует все непогашенные обязательства сторонних контрагентов (включая как корпоративных заказчиков, так и физических лиц). Формируется эта задолженность в тот момент, когда продукция уже отгружена или работы по факту сданы, но денежные средства на счета компании еще не поступили.

Дебиторская задолженность является волатильным элементом, размер которого коррелирует с кредитной политикой организации в отношении потребителей. Поскольку наличие такой задолженности означает отвлечение капитала из хозяйственного оборота, приоритетной задачей менеджмента является ее минимизация, что в условиях рыночной конкуренции требует поиска баланса между объемами продаж и рисками неплатежей.

- **Денежные активы.** Включают остатки валютных средств на счетах и в кассе, а также эквиваленты в виде высоколиквидных краткосрочных инструментов с минимальным инвестиционным риском. Управление данным блоком предполагает расчет финансового цикла, прогнозирование потоков и установление оптимального кассового остатка.

- Прочие текущие активы. Группа активов, не вошедших в вышеуказанные категории, но включенных в общую стоимость оборотных средств.

По характеру участия в операционных процессах выделяют:

1. Оборотные активы производственного цикла. Объединяют сырьевую базу, объемы в незавершенном производстве и складские остатки готовых изделий.

2. Оборотные активы финансового цикла. Совокупный объем товарно-материальных ценностей и дебиторской задолженности за вычетом кредиторских обязательств предприятия.

По временному признаку функционирования активы делятся на:

- Постоянную часть. Минимальный уровень текущих средств, не зависящий от сезонных факторов и колебаний рыночного спроса, необходимый для поддержания базовой операционной деятельности.

- Переменную часть. Варьирующийся объем активов, формирование которого обусловлено сезонными пиками производства, необходимостью создания целевых запасов или досрочного завоза ресурсов. В рамках данной категории фиксируются средние и максимальные значения потребности в капитале.

## **1.2. Методика проведения анализа оборотных активов предприятия**

### **Выбор политики формирования оборотных активов предприятия**

Стратегия управления оборотным капиталом регламентирует допустимый уровень финансовых рисков, сопряженных с потенциальным дефицитом конкретных категорий текущих активов. В качестве критических факторов рассматриваются технологические простои из-за недопоставок сырьевых ресурсов, а также прямые убытки, генерируемые просроченной дебиторской задолженностью. Для объективной верификации указанных угроз анализируется вероятность нарушения контрактных обязательств со стороны как поставщиков, так и покупателей продукции.

Для нейтрализации подобных угроз на практике применяется механизм создания страховых резервов. Причем их расчетная величина всегда жестко обусловлена тем, какую именно политику управления

выберет руководство. Если опираться на теорию финансового менеджмента, то принято выделять три классических подхода к структурированию оборотного капитала: консервативный, умеренный и откровенно агрессивный.

Суть консервативной модели сводится к формированию заведомо избыточного «запаса прочности» под текущие операционные нужды. Иными словами, предприятие не просто обеспечивает непрерывность штатного выпуска продукции, но и целенаправленно накапливает внушительные резервы. Они необходимы для сглаживания негативных шоков – будь то задержки ожидаемых платежей, внезапные провалы в рыночном спросе или перебои по линии снабжения. Безусловно, такая политика делает компанию практически неуязвимой к финансовым кризисам. Однако расплачиваться за эту безопасность приходится дорого: капитал замораживается, скорость его оборота падает, что закономерно тянет вниз общую рентабельность бизнеса.

Что касается умеренной стратегии, то здесь упор делается на компромисс. Производственные потребности закрываются в полном объеме, но страховые фонды закладываются лишь в пределах установленных нормативов, которых достаточно для перекрытия стандартных, рядовых сбоев. В современных экономических реалиях именно этот путь позволяет найти оптимальный баланс между принимаемой рискованной нагрузкой и продуктивностью использования мобильных активов.

Агрессивная тактика, напротив, предполагает тотальное, жесткое урезание любых страховых запасов по всем статьям оборотных средств. При идеальной, бесперебойной работе логистики этот подход способен выдать максимальную отдачу от вложенных средств. Но есть критический изъян: малейшая дестабилизация обстановки (неважно, из-за внешних или внутренних факторов) неизбежно оборачивается для завода тяжелейшими убытками. Не имея резервов, предприятие вынуждено экстренно останавливать линии и сокращать объемы выпуска электротехнической продукции.

В конечном счете именно выбранная политика задает пропорцию между желаемой доходностью и допустимым риском, напрямую определяя, сколько текущих активов реально потребуется организации. Практическим же итогом внедрения любой из этих стратегий становится регламентация рабочих процессов: предприятие фиксирует

жесткие сроки и лимиты коммерческого кредитования, а также утверждает протоколы работы с подрядчиками и поставщиками, детально прописывая графики оплат и спецификации поставок.

### **1.3. Пути оптимизации эффективности использования оборотных активов предприятия и оценка эффективности предложенных мероприятий**

#### **Оптимизация объёма оборотных активов**

Реализация оптимизационных процедур базируется на принятой стратегии аккумулирования текущих активов и призвана поддерживать нормативный баланс между рентабельностью эксплуатации капитала и уровнем сопутствующих рисков. Методология упорядочивания объёма мобильных фондов в рамках данного управленческого цикла структурирована в три последовательных этапа.

Начальный этап предполагает разработку комплекса мер по задействованию внутренних резервов, идентифицированных в ходе ретроспективного анализа состояния ресурсов. Ключевым вектором здесь выступает интенсификация операционного цикла посредством сжатия временных рамок его производственной и финансовой составляющих. Важнейшим условием является сохранение стабильных показателей выпуска продукции и объемов отгрузки, несмотря на ускорение оборачиваемости отдельных компонентов капитала.

Вторая фаза посвящена определению целевых параметров и лимитов по конкретным категориям ресурсов. При расчетах учитываются стратегические ориентиры формирования капитала, плановые показатели производственной программы и выявленный потенциал по ускорению оборота. Методическим инструментарием для корректировки количественных характеристик активов выступает нормирование длительности их пребывания в обороте и фиксация необходимых денежных величин.

Заключительная стадия состоит в агрегировании частных показателей для установления совокупной потребности в текущих средствах на прогнозируемый интервал времени. Расчет общего объема мобильных активов осуществляется по следующей аддитивной модели:

$$O_{\text{Ап}} = 3C_{\text{п}} + 3Г_{\text{п}} + ДЗ_{\text{п}} + ДА_{\text{п}} + П_{\text{п}},$$

в данной зависимости ОАп фиксирует суммарную величину оборотных средств на дату окончания прогнозного периода;

ЗСп – прогнозируемый остаток сырьевых запасов и материальных ресурсов;

ЗГп – плановая величина складских запасов готовых изделий;

ДЗп – расчетный объем текущей дебиторской задолженности;

ДАп – целевой остаток денежных активов и их эквивалентов;

Пп – стоимостная оценка прочих компонентов мобильного капитала.

### **Оптимизация соотношения постоянной и переменной частей оборотных активов**

Количественные показатели потребности организации в мобильных фондах подвержены флуктуациям под влиянием сезонности и специфики операционных циклов. В отраслевых сегментах с выраженным сезонным характером заготовки сырья производственный процесс часто ограничен сжатыми временными рамками, тогда как реализация готовых изделий распределена равномерно в течение года. Подобная асимметрия в работе предприятия провоцирует локальный рост потребности в текущих активах, аккумулируемых преимущественно в форме складских остатков товарной продукции.

Вариативность объема оборотных средств также детерминирована сезонными колебаниями рыночного спроса на электротехническую продукцию и услуги. В рамках управленческого процесса обязательным этапом является идентификация сезонной составляющей, которая математически определяется как дельта между предельным и минимальным значениями годовой потребности в оборотном капитале.

Процедура оптимизации пропорций между константной и варьируемой долями оборотных активов реализуется в несколько последовательных стадий:

На первом этапе на основе ретроспективных данных о месячной динамике активов за ряд лет (в стоимостном эквиваленте или в днях оборота) формируется модель усредненной сезонности. При возникновении производственной необходимости разработка прогнозных графиков осуществляется дифференцированно по конкретным категориям материальных ценностей.

На втором этапе выявленная динамика служит базой для вычисления коэффициентов неравномерности, отражающих экстремальные (нижние и верхние) границы объема ресурсов относительно их среднего годового значения.

Третий шаг расчетного алгоритма предполагает вычисление так называемой перманентной (или неснижаемой) базы текущих активов. Математически эта постоянная часть, которую предприятию предстоит поддерживать на всем протяжении прогнозного горизонта, определяется произведением двух параметров:

$$OA_{\text{пост}} = OA_{\text{п}} \times K_{\text{мин}}$$

В представленном уравнении искомый показатель  $OA_{\text{пост}}$  как раз и фиксирует величину того самого базового компонента активов. В качестве основы для вычислений принимается параметр  $OA_{\text{п}}$  – то есть усредненный объем оборотных средств, который ожидается организации в будущем периоде. Корректирующим фактором здесь выступает  $K_{\text{мин}}$  – специальный расчетный коэффициент, отражающий минимально необходимый уровень обеспечения ресурсами для ведения нормальной операционной деятельности.

На четвертом этапе определение пиковых и средневзвешенных значений переменного компонента оборотных фондов базируется на анализе разрыва между экстремальными коэффициентами уровня активов:

$$OA_{\text{п макс}} = OA_{\text{п}} \times (K_{\text{макс}} - K_{\text{мин}}),$$

где  $OA_{\text{п макс}}$  отражает предельную величину варьируемой части мобильного капитала в предстоящем периоде;

$OA_{\text{п сред}}$  – средний объем переменной составляющей активов в рассматриваемом периоде;

$OA_{\text{пост}}$  – расчетная стоимость константной части текущих средств;

$K_{\text{макс}}$  – показатель максимального уровня ресурсов;

$K_{\text{мин}}$  – значение минимального коэффициента объема активов.

Установленное соотношение стабильной и переменной долей мобильного капитала выступает методологическим фундаментом для долгосрочного регулирования параметров оборачиваемости и структурирования источников целевого фондирования.

## **Обеспечение необходимой ликвидности и рентабельности оборотных активов**

Обладая варьирующейся степенью ликвидности, совокупный объем оборотных средств обязан гарантировать бесперебойную платежеспособность организации по краткосрочным и наиболее срочным финансовым обязательствам. Формирование целевых долей денежных ресурсов, высоко- и среднеликвидных активов в общей структуре капитала осуществляется на основе прецизионного сопоставления их ликвидности с графиком и объемами предстоящих долговых выплат. Эффективная эксплуатация текущих активов в рамках операционных процессов должна обеспечивать достижение заданных финансовых результатов. При этом ряд категорий мобильных средств, прежде всего краткосрочные финансовые вложения, выступающие эквивалентами денежных ресурсов, способны генерировать прямой доход в форме процентных начислений или дивидендов. Данный фактор обуславливает включение в контур управления активами процедур по оперативному вовлечению временно свободных остатков денежных средств в формирование сбалансированного инвестиционного портфеля краткосрочных инструментов, сохраняющих высокую мобильность капитала.

## **Выбор форм и источников финансирования оборотных активов**

Определение структуры и источников фондирования оборотных средств представляет собой управленческий этап, в ходе которого утверждается стратегия финансового обеспечения и достигается рациональное распределение капитала. Система администрирования мобильных активов базируется на применении финансовых нормативов, служащих инструментом мониторинга процессов их формирования и эксплуатации. В перечень базовых регуляторов включены:

- лимит собственных оборотных средств организации;
- совокупность показателей оборачиваемости ключевых групп активов и длительности полного операционного цикла;
- система коэффициентов, отражающих ликвидность текущих ресурсов.

Функциональное назначение и специфика использования различных категорий текущих активов имеют принципиальные отличия. В

связи с этим в организациях с высокой концентрацией мобильного капитала управление данными ресурсами целесообразно сегментировать по функциональным видам. Современная практика менеджмента предлагает широкий спектр методологических подходов к повышению отдачи от оборотных фондов. Изучение существующего управленческого инструментария наглядно демонстрирует, что изолированное применение различных методов не дает должного эффекта – их необходимо сводить в единый, жестко скоординированный алгоритм. Подобный синтез дает возможность выстроить гибкую и комплексную систему, способную оперативно регулировать объемы капитала и перекрывать возникающий дефицит мобильных фондов.

Естественно, администрирование каждой конкретной статьи баланса выстраивается с оглядкой на ее внутреннюю специфику. На практике это выглядит следующим образом:

- Контроль складских резервов базируется на поиске оптимального размера закупаемой партии и анализе среднесуточных остатков, что абсолютно невозможно без внедрения бескомпромиссной системы учета движения товаров.

- Работа с дебиторской задолженностью требует не только исторического среза ее структуры и динамики, но и формирования четкой политики кредитования покупателей (сюда входит фиксация платежных условий, лимитов и постоянное отслеживание состояния счетов контрагентов).

- Управление денежными ресурсами, в свою очередь, нацелено на гарантию стопроцентной ликвидности. Ключевой механизм здесь – расчет идеального средневзвешенного кассового остатка через распределение средств по целевым фондам (от операционных и страховых до инвестиционных и компенсационных).

Регулирование движения денежных потоков координируется с бюджетом поступлений и выплат, что является критическим условием для исключения дефицита ликвидности и возникновения кассовых разрывов. Отсутствие универсальных алгоритмов формирования идеальной структуры мобильных активов подчеркивает значимость индивидуального подхода. Общепринятая модель управления в данном случае основывается на триаде процедур: стратегическом планировании, верификации фактических результатов и оперативном принятии корректирующих решений.

## **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение «активы предприятия» и какие два раздела они включают в себя?
2. Что такое «пассивы предприятия» и из каких трех разделов они состоят?
3. Что входит в понятие «оборотные активы»?
4. Что входит в понятие «цикл оборотных активов»?
5. Дайте определения валовым, чистым и собственным оборотным активам.
6. Перечислите виды оборотных активов.
7. В чем заключаются основные подходы к формированию оборотных активов?
8. Опишите три этапа оптимизации оборотных активов.

## Глава 2. ФУНКЦИИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

### 2.1. Классификация функций управления

Управленческие функции представляют собой специфические формы активности, через которые руководство предприятия воздействует на кадровый состав. Основной перечень данных процедур включает планирование, организационное проектирование, мотивацию, координацию и контроль. Спектр управленческих задач расширяется за счет интеграции циклов регулирования, ведения учета и анализа. Регулирование выступает инструментом нивелирования выявленных расхождений с заданными плановыми параметрами. Учетная стадия предполагает формализацию и агрегирование итогов деятельности за установленный период. Аналитический блок охватывает систематизацию информационных массивов, необходимых для реализации и обоснования иных управленческих задач.

Кроме этих общих функций, существуют и специализированные, такие как оперативно-диспетчерское управление в области электроэнергетики.

Рассмотрим более подробно основные функции управления:

**Планирование** – это управленческая деятельность, которая в планах отражает и фиксирует будущее состояние объекта управления на текущий момент. Процесс планирования служит для детерминации иерархии целей, выбора методологии их реализации и верификации ресурсной базы вместе с каналами ее распределения. Задачи охватывают формулировку целевых установок для подразделений, координацию векторов развития структуры и долгосрочное прогнозирование, направленное на своевременную идентификацию рисков и барьеров в деятельности организации.

Реализация задач, сформулированных на стадии планирования, обеспечивается посредством организационной деятельности, выступающей в качестве управляющего процесса. В научной терминологии данная категория также применяется для обозначения структурированного коллектива, выступающего объектом управленческого воздей-

ствия. Функциональное содержание организации как элемента менеджмента заключается в регламентации постоянных и временных межструктурных связей, а также в установлении порядка и условий функционирования предприятия. В производственном секторе этот процесс охватывает комплектование технологических линий оборудованием, проектирование рабочих мест и выбор технологий, тогда как в сфере администрирования – кадровое обеспечение, профессиональную подготовку и непосредственное руководство персоналом.

Проектирование и модификация организационных систем осуществляются с обязательным учетом стохастического характера производственных процессов и конъюнктурной изменчивости внешней среды. Поскольку управленческая иерархия включает руководителей различных звеньев, функции организации охватывают построение устойчивых коммуникационных каналов между ними. Эффективность деятельности, особенно в области внедрения научно-технических и производственных инноваций, во многом определяется реальным характером организационных отношений, которые зачастую выходят за рамки формально закрепленных прав и должностных обязанностей сотрудников.

Практическая реализация рассматриваемой функции менеджмента осуществляется через механизмы административного и оперативного управления. Административный блок включает дифференциацию компетенций между подразделениями, фиксацию зон ответственности и наделение персонала соответствующими полномочиями. Оперативный цикл ориентирован на проведение системного мониторинга отклонений фактических показателей от плановых значений с последующей оперативной корректировкой производственных заданий. Целевой вектор организации управления направлен на формирование условий, обеспечивающих достижение установленных показателей в заданные сроки при минимизации совокупных издержек и расхода ресурсов.

### **Мотивация и стимулирование**

Одной из важнейших задач менеджмента является выработка и активизация (мотивация) определённого производственного поведе-

ния персонала. Мотивация – это совокупность факторов, которые побуждают человека к деятельности, направленной на достижение определённых целей.

Процесс мотивации основан на потребностях человека, которые становятся основным объектом воздействия для побуждения к действию. Потребность в самом общем смысле – это ощущение недостатка в чём-либо, имеющее индивидуальные проявления, несмотря на общность характера.

Врождённые потребности, присущие всем людям, называют нуждами (например, потребность в пище, сне и так далее). Приобретённые потребности формируются в процессе взаимодействия человека с обществом и средой, и они более персонифицированы (например, потребность в уважении, успехе, любви и т.п.).

Пока потребность остаётся неудовлетворённой, человек испытывает дискомфорт, что мотивирует его искать средства для её удовлетворения. Удовлетворение нужды не носит окончательного характера, так как большинство из них возобновляются в трансформированном виде на более высоких ступенях иерархии. Система потребностей выступает в качестве базового детерминанта человеческой деятельности, инициирующей активность субъекта в рамках практической реализации задач и в сфере познавательного поиска.

Осознание дефицита благ не тождественно переходу к активной фазе их достижения. Эффективная реализация запроса субъекта детерминирована совокупностью факторов: интенсивностью интенции к трансформации текущего состояния, доступностью ресурсной базы (материально-технической, временной, финансовой) и уровнем развития когнитивно-профессиональных компетенций. Структура мотивационного цикла базируется на последовательной верификации неудовлетворенных запросов, экспликации целевых ориентиров и детерминации алгоритма операционных действий.

Внешние раздражители (стимулы) выступают катализаторами трудовой активности, обеспечивая трансформацию потребностей в устойчивые мотивы при условии их релевантности внутренним установкам индивида. В качестве инструментария стимулирования задействуются материальные объекты, социальные предпочтения и перспективные возможности, предлагаемые в обмен на реализацию производ-

ственных задач. Побудительный импульс может иметь как экстернальный характер (стимулирование), так и интернальный генезис, обусловленный сформированной мотивационной структурой личности под воздействием социокультурной среды и образования. Мотив определяется как внутренний детерминант активности, направленный на достижение равновесия через удовлетворение психоэмоциональных и физиологических запросов. Идентичные побуждения могут инициироваться как внешним администрированием, так и внутренними когнитивными процессами.

Функциональная обязанность руководителя заключается в инициации и актуализации тех запросов персонала, реализация которых осуществима в рамках конкретной системы управления. Рациональный менеджмент базируется на интеграции инструментов стимулирования и механизмов удовлетворения запросов работников. Согласно иерархической концепции А. Маслоу, поступательное насыщение базовых уровней детерминирует активацию потребностей высшего порядка. Достижение физиологического гомеостаза и защищенности актуализирует социальные взаимодействия, что в дальнейшем открывает вектор к признанию и самоактуализации. Циклическая модель взаимодействия включает стадию воздействия стимула, идентификацию нужды, формирование мотива, выбор стратегии поведения и финальную оценку результата, которая варьируется от полной до нулевой сатисфакции.

Обеспечение первичных жизненных циклов коррелирует с применением финансовых инструментов поощрения. Возрастающая дифференциация и усложнение структуры запросов сотрудников требуют диверсификации управленческих подходов, особенно в отношении творческих кадров, где стандартные методы демонстрируют низкую эффективность. Лидерский потенциал и глубина воздействия на персонал прямо зависят от восприятия руководителя как легитимного источника распределения благ. Проектирование систем мотивации ориентировано на фиксацию устойчивых паттернов производственного поведения.

Решение данной задачи реализуется по двум векторам. Первый предполагает адаптацию системы стимулирования под существующую структуру запросов персонала, выявленную в ходе диагностики, что

требует высокой гибкости при ротации кадров. Второй вектор направлен на формирование специфических профессиональных ценностей через трансляцию корпоративной философии и организационной культуры, что закладывает долгосрочный фундамент стратегического управления. Совокупность комплементарных стимулов формирует систему, ориентированную на достижение стратегических показателей организации.

Значимость материальных факторов доминирует при низком уровне благосостояния и снижается в процессе его роста, причем денежное вознаграждение наиболее эффективно при возможности прецизионной фиксации индивидуального трудового вклада. Нематериальный инструментарий (социальные и функциональные стимулы) обеспечивает потребность в стабильности, что критично в периоды экономической волатильности или при работе на объектах повышенной опасности. Социально-психологические и творческие механизмы направлены на удовлетворение запросов в социальном признании и самовыражении, способствуя формированию инновационной среды. Данные методы находят применение в структурах, ориентированных на вовлечение персонала в процессы идентификации и решения технологических проблем.

### **Координация**

Координационная деятельность в контуре управления предприятием сфокусирована на обеспечении межуровневой и межструктурной синхронизации при реализации утвержденных программ. Функциональная направленность координации состоит в своевременной инициации мер по поддержанию ритмичности производственных процессов и нейтрализации дефицитных зон, возникающих из-за несогласованности административных и технологических подразделений. Особое внимание уделяется соблюдению временных рамок поставок материальных и финансовых ресурсов.

Взаимодействие в рамках данной функции охватывает все звенья управленческой иерархии и предполагает интеграцию усилий персонала, корреляцию целей с доступными объемами ресурсов, а также адаптацию применяемых методов деятельности под общие производственные задачи. Ключевым инструментом выступают оперативные совещания, в ходе которых координируются вопросы материального

снабжения и технического обслуживания основных фондов. Информационный базис функции формируется за счет обмена сведениями о динамике выполнения совокупных планов.

Регулирование выделяется как специфическая подфункция, ориентированная на купирование отклонений фактических показателей от нормативных значений. При фиксации выхода параметров за границы допусков активируются соответствующие управляющие воздействия. Процесс регулирования неразрывно связан с предиктивной оценкой результатов вмешательства в производственные и социальные подсистемы. Руководителю необходимо верифицировать весь спектр последствий принимаемых решений, так как кратковременное улучшение показателей без учета долгосрочных трендов способно привести к последующей потере устойчивости всей системы.

Управленческий цикл контроля включает в себя систематическую проверку соответствия текущего состояния процессов плановым индикаторам и естественным алгоритмам функционирования объектов. Выступая в роли канала обратной связи, данная функция обеспечивает поступление релевантной информации от объекта к субъекту управления для выработки точных корректирующих решений. В социальном аспекте контроль способствует укреплению стабильности и повышению общей эффективности административных структур. Являясь финализирующим этапом процесса реализации решений, контроль аккумулирует данные для старта нового управленческого цикла, создавая фундамент для дальнейшего организационного развития.

Параметры эффективности контроля задаются теоретической базой, точностью целеполагания и выбранным инструментарием. Качество исполнения данной функции напрямую зависит от системности подхода, комплексности охвата контролируемых зон и метрологической точности используемых измерительных систем.

Контроль может быть предварительным, текущим и итоговым.

- **Предварительный контроль** проводится для предотвращения нежелательных последствий от принятия решений.
- **Текущий контроль** осуществляется в процессе принятия решений с целью корректировки хода выполнения.
- **Итоговый контроль** направлен на проверку правильности принятого решения и оценку отклонений от планов.

Контроль может быть сплошным и выборочным, регулярным и внезапным, внутренним и внешним.

Контроль является ярким примером системности функций управления, их иерархического характера. В структуре производственного менеджмента контрольные функции распределены по четырем иерархическим уровням. Первый уровень – технологический контроль – сфокусирован на мониторинге ресурсной базы и предотвращении нерациональных издержек. Ошибки на данной стадии классифицируются как некомпенсируемые потери, переходящие в категорию чистых производственных убытков. Второй уровень регламентирует трудовые процессы, оценивая эффективность эксплуатации кадрового потенциала, уровень квалификации и динамику профессионального роста персонала. Третий уровень ориентирован на непосредственное управление производственными режимами, обеспечивая достижение заданных параметров объема и качества выпускаемых изделий. Четвертый уровень охватывает сферу финансовой и договорной дисциплины, включая надзор за соблюдением условий контрактов и выполнение графиков поставок и реализации продукции.

Параллельно с контролем реализуется функция учета, представляющая собой фиксацию и обобщение итогов деятельности для получения актуального среза состояния процессов в заданный момент времени. Аналитическая функция заключается в сборе, верификации и систематизации информационных массивов для нужд управления. Выступая в качестве обеспечивающего механизма для всех управленческих звеньев, анализ не оказывает прямого управляющего воздействия на объект, что позволяет классифицировать его как внутреннюю поддерживающую функцию. Качественная реализация аналитических задач требует от специалиста владения специфическим инструментарием, высокого уровня информированности и понимания психологических аспектов поведения субъектов управления.

Для оценки результативности деятельности организации применяется система количественных и качественных показателей:

- абсолютное отклонение от плановых значений;
- динамика изменения показателя за фиксированный временной интервал;
- относительный прирост, выраженный в процентном отношении;
- детерминация устойчивых тенденций развития объекта.

## 2.2. Классификация методов управления

Под методами управления понимается система механизмов влияния управляющего звена на объект для реализации заданных целевых установок. Данный инструментарий администрирования требует прецизионного использования, так как методические ошибки способны дестабилизировать систему и вызвать деструктивные последствия для организации.

Вариативность подходов к систематизации управленческого воздействия позволяет выделить три базовые категории методов, получившие наибольшее прикладное распространение:

1. Экономические методы, детерминированные действием объективных социально-экономических законов развития материального мира и общества. Практическая реализация данных механизмов опирается на иерархию материальных интересов индивида, трудового коллектива и социума в целом.

2. Организационно-распорядительные методы, базирующиеся на нормативном закреплении прав и зон ответственности субъектов на различных иерархических ступенях управления. Несмотря на частое отождествление данной группы с командно-административной моделью, такая трактовка не является исчерпывающей и полной.

3. Социально-психологические методы, направленные на формирование и коррекцию коллективных представлений о значимых этических и нравственных категориях. Данный инструментарий апеллирует к ценностным ориентирам, моральным принципам и мировоззрению личности в контексте общественных и индивидуальных отношений.

Применяемая методология администрирования непосредственно формирует вектор экономических интересов персонала, характер межличностных коммуникаций и правовое поле организации. В динамической системе управления не существует неизменного приоритета конкретного метода над остальными. Выбор доминирующего инструментария диктуется актуальными производственными условиями и спецификой решаемых задач, что обуславливает постоянную ротацию значимости каждой группы методов.

Профессиональная компетентность руководителя предполагает свободное владение всем спектром управленческих приемов в их неразрывном единстве и взаимосвязи. Эффективное администрирование

требует от субъекта управления глубокой квалификации в области прикладной экономики и юриспруденции, а также развитых навыков в сфере индустриальной психологии и педагогики.

### **2.2.1. Экономические методы управления**

Экономическое администрирование представляет собой систему управляющих воздействий, детерминированных характером производственных отношений и вектором материальных интересов участников хозяйственной деятельности. Совокупность данных интересов формирует сложную многоуровневую структуру, охватывающую государственные приоритеты, цели субъектов предпринимательства, задачи трудовых коллективов и потребности отдельных работников. Между указанными элементами неизбежно возникают диалектические противоречия, требующие системного регулирования. В иерархии приоритетов доминирующее положение занимают макроэкономические интересы общества, выступающие гарантом стабильности и безопасности, что является необходимым условием для функционирования производственных единиц и жизнедеятельности индивидов. Неэффективность или дестабилизация коллективного звена делает невозможным прогрессивное развитие его членов.

Рациональное сочетание государственных и частных интересов признается одной из наиболее трудоемких управленческих задач, предполагающей прецизионное установление пропорций между фондами накопления и потребления, а также корректную дифференциацию оплаты труда и стимулирующих выплат. Практическое внедрение экономических методов управления (ЭМУ) базируется на сознательном использовании всей палитры стоимостных категорий и закономерностей общественного воспроизводства. Функциональные рычаги администрирования – финансовые потоки, кредитные инструменты, механизмы формирования прибыли, показатели фондоотдачи и рентабельности – должны применяться в рамках комплексного подхода, охватывающего все уровни организационной иерархии. Конечной целью такой интеграции является создание объективных условий для реализации экономических законов в интересах всех задействованных сторон.

Ввиду высокой лабильности экономических интересов, используемые рычаги способны оказывать как активирующее, так и блокирующее воздействие. В управленческой практике необходимо анализировать кумулятивный эффект всей системы стимулов. На персональном уровне ключевым регулятором выступает заработная плата, на уровне структурного подразделения или предприятия – показатели доходности и рентабельности, а на общегосударственном – параметры эффективности инвестиций, экологическая безопасность производства и фондоотдача. Каждая экономическая категория, будь то налоговая нагрузка или процентные ставки по займам, транслирует определенный интерес и трансформируется в инструмент прямого управления.

Анализ зависимости результативности производственного комплекса от уровня оплаты труда выявляет стадии стимулирования и стагнации. На этапе роста вознаграждение выступает драйвером производительности, однако переход за точку оптимума (сверхоптимальное повышение) превращает его в антистимул, деструктивно влияющий на инвестиционный потенциал и развитие производства. Оптимальный лимит оплаты труда индивидуален для каждой организации и жестко коррелирует с технической оснащенностью, инновационным уровнем и состоянием социальной инфраструктуры. Несоответствие параметров издержек на различных уровнях – от локального предприятия до отрасли в целом – обуславливает существенную вариативность этих лимитов.

Минимизация операционных затрат в сферах производства, распределения и обмена, наряду с интенсификацией труда, являются фундаментальными источниками для повышения доходов персонала. Снижение издержек должно затрагивать все стадии воспроизводственного цикла, включая управленческие процессы и структурную политику. При этом динамика уровня жизни населения детерминирована не только локальными успехами организации, но и вектором государственной социально-экономической политики. Объективные конфликты в распределительной сфере нивелируются через поиск компромиссов, основанных на профессиональной культуре менеджмента. Полное устранение расхождений в интересах сторон недостижимо, однако стратегия динамической оптимизации позволяет максимально сближать цели бизнеса, отраслей и государства в каждый момент времени. Игнорирование данного принципа и несбалансированность

учета интересов неизбежно ведут к росту группового эгоизма на местах или установлению жесткого государственного диктата.

### **2.2.2. Организационно-распорядительные методы управления**

Организационно-распорядительный инструментарий менеджмента аккумулирует способы воздействия на управляемые объекты через легитимные механизмы власти и административный авторитет, выраженные в форме законодательных актов, ведомственных постановлений, приказов и инструктивных материалов. Данные методы жестко детерминируют перечень прав, профессиональных обязанностей и меру ответственности для каждого должностного лица и структурного звена. Применение рассматриваемых методов гарантирует персональную подотчетность сотрудников за исполнение директив, поступающих от вышестоящих инстанций. Фундаментом ОРМУ выступают организационные отношения, обладающие дуалистической природой: они обусловлены как объективными законами социального прогресса, так и специфическими социально-экономическими и политическими факторами текущего периода.

В рамках любой административной архитектуры организационные связи формируют иерархическую вертикаль, где ключевое значение имеет соотношение делегируемых прав и возлагаемой ответственности. Результативность организационно-распорядительного воздействия напрямую коррелирует с соблюдением условий паритетности: необходимо достижение баланса между полномочиями и ответственностью как на конкретном управленческом уровне, так и в масштабах всей системы субординации. Нарушение указанного равновесия ведет к эрозии дисциплины и трансформации структуры в автократическую модель с признаками управленческого хаоса на промежуточных этапах. ОРМУ характеризуются преимущественно прямым директивным влиянием, хотя в ряде случаев допускается использование косвенных форм взаимодействия, таких как методические рекомендации и экспертные советы.

Функциональная классификация ОРМУ разделяет их на распорядительные (ориентированные на реализацию плановых показателей), организационно-стабилизирующие (обеспечивающие устойчивость функционирования системы) и дисциплинирующие (поддерживающие

нормативный порядок). Указанные группы методов функционируют в неразрывном единстве, реализуясь через процедуры регламентирования, нормирования и инструктирования.

Регламентирующий блок методов включает общеорганизационные инструменты, задающие вектор устройства системы; структурные механизмы, определяющие иерархию органов власти; должностные регламенты, фиксирующие статус руководителей; и функциональные методы, координирующие работу административных и общественных институтов. Дефекты регламентации могут выражаться как в избыточной жесткости, блокирующей адаптивность системы, так и в недостаточности правового обеспечения деятельности.

Методология нормирования базируется на эксплуатации системы количественных индикаторов. В электроэнергетической отрасли и промышленном производстве ключевыми являются нормативы времени на выполнение технологических операций, удельные показатели расхода ресурсов (например, потребление топлива на отпуск одного киловатт-часа электрической энергии), нормативы выработки продукции в единицу времени и коэффициенты соотносительности различных категорий персонала. Игнорирование или некорректный расчет данных величин провоцирует системные риски для предприятия и экономики в целом.

Инструктирование как форма управленческого воздействия предполагает трансляцию разъяснений и предупреждений относительно возможных последствий отклонения от установленных алгоритмов деятельности, включая риски наступления юридической ответственности. Жизнеспособность и слаженная работа крупных социотехнических систем напрямую зависят от грамотного применения ОРМУ – именно этот управленческий инструментарий позволяет удерживать технологическую дисциплину в жестко заданных границах. Однако здесь есть один принципиальный нюанс: однажды созданный свод нормативов не может оставаться статичным. Вся регламентирующую и инструктивную базу необходимо систематически подвергать аудиту и корректировке. Если внутренняя документация предприятия не будет гибко реагировать на модернизацию производственного сектора, макроэкономические сдвиги и свежие запросы общества, она довольно быстро утратит свою реальную управленческую ценность.

### 2.2.3. Социально-психологические методы управления

Фундаментом для социально-психологических методов управления всегда служит определенная система этических координат и моральных ценностей. По сути, именно эти факторы задают вектор человеческой активности и определяют то, как именно будет трансформироваться сознание общества. Главная цель подобного подхода заключается в целенаправленном формировании коллективных установок – той самой базы, которая позволяет стимулировать деятельность как на уровне больших социальных групп, так и в плане личностного роста отдельного работника. Сама же схема применения этих управленческих приемов строго иерархична: фокус воздействия планомерно смещается от масштабов всего социума вплоть до каждого конкретного индивида. На государственном уровне регулирование социальных векторов реализуется посредством информационных каналов и механизмов идеологического сопровождения, формирующих общественную оценку критических явлений, таких как состояние рынка труда, правовая защищенность и уровень безопасности. Субъекты государственного управления и информационные структуры несут солидарную ответственность за достоверность и своевременность транслируемых данных.

В рамках структурных подразделений и малых групп приоритет отдается верификации личностных характеристик персонала и проектированию среды для максимальной реализации профессиональных компетенций. Коллективная деятельность выступает катализатором не только трудовой эффективности, но и качественной трансформации сотрудников. Морально-психологический климат внутри организации прямо коррелирует с принятыми этическими стандартами и системой ценностных ориентиров. Специфика производственных задач в электроэнергетическом секторе диктует вариативность применяемых методов группового взаимодействия.

Управление внутригрупповой динамикой требует от руководителя формирования устойчивой структуры с заданным вектором социального прогресса. Процесс саморазвития коллектива детерминирован качеством процедур кадрового отбора, рациональной расстановкой персонала и удовлетворением запросов на профессиональную инкре-

ментацию и творческую самореализацию. Стабильность системы обеспечивается поддержанием баланса между формальными регламентами и неформальными коммуникациями при условии их регулируемой интенсивности.

Алгоритм управления коллективом структурирован в три последовательных фазы:

1. Ориентация и адаптация. Фаза сфокусирована на первичном взаимодействии персонала и руководства; ключевой задачей является трансляция целей, задач и условий функционирования структуры через максимально информативные каналы связи.

2. Самоорганизация и саморегулирование. Стадия характеризуется планомерным снижением прямого административного вмешательства и переходом к управлению через профессиональную культуру, лояльность и взаимное доверие.

3. Интеграция. Период трансформации группы в единый социальный организм, обладающий общностью ценностей и механизмов взаимопомощи, где персональные цели сотрудников синхронизированы с общеколлективной миссией.

Регулирование индивидуального поведения персонала в значительной степени опирается на субъективные факторы и трансляцию личного примера руководителя, выступающего носителем эталонных поведенческих паттернов. Эффективность воздействия возрастает при безусловном уважении личного достоинства сотрудников и их идейно-нравственных убеждений. Моральное стимулирование в системе менеджмента призвано актуализировать социальную значимость трудового вклада и чувство профессионального долга. Критическим условием результативности является жесткая интеграция моральных поощрений с материальными инструментами вознаграждения. Коллективные формы поощрения стимулируют внутреннюю кооперацию и координацию усилий, обеспечивая верификацию вклада каждого участника в результирующие показатели при одновременном укреплении статуса внутри группы. Моральное одобрение без подкрепления материальными ресурсами, равно как и денежные выплаты в условиях отсутствия уважения, демонстрируют низкую эффективность.

## **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные функции управления предприятием.
2. Что входит в понятия «регулирование», «учет» и «анализ»?
3. Опишите такие функции управления как планирование и организация.
4. Что такое мотивация и как она связана с понятием потребность?
5. Что включает в себя мотивационный процесс?
6. Дайте определения таким понятиям как стимул, координация, контроль и учет с точки зрения функций управления.
7. Что означает предварительный, текущий и итоговый контроль?
8. По каким трем ключевым признакам осуществляется систематизация управленческого инструментария?
9. В чем заключается содержательная специфика экономических механизмов администрирования?
10. Посредством каких функциональных рычагов реализуется экономическое воздействие в рамках менеджмента организации?
11. Какое значение имеет система оплаты труда в контексте практической реализации экономических методов управления?
12. Какова дефиниция и функциональная сущность организационно-распорядительных приемов руководства?
13. Каким образом структурируется совокупность инструментов в рамках организационно-распорядительной модели управления?
14. В чем выражается сущность и функциональное назначение регламентирующего воздействия в системе менеджмента?
15. Каков функциональный спектр и прикладное значение методологии нормирования в процессах управления?
16. Какую терминологическую идентификацию имеют способы руководства, базирующиеся на этических нормах и механизмах формирования коллективного сознания?
17. Какие уровни включает социально-психологические методы управления?
18. Что, на ваш взгляд, подразумевает под собой моральное стимулирование?

## Глава 3. МЕТОДИКИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

### 3.1. Суть методик, используемых при внедрении систем управления производственными активами (СУПА)

Интеграция систем управления производственными активами (СУПА) обеспечивает результативность бизнес-процессов только при использовании актуальной методологии. Необходима опора на верифицированные мировые стратегии технического обслуживания и ремонта (ТОиР) объектов:

1. **RTF (Run to Failure)** – эксплуатация до отказа. Ремонтные воздействия инициируются исключительно при достижении критического состояния, исключающего выполнение оборудованием заданных функций.

2. **PPM (Planned Preventive Maintenance)** – планово-предупредительные ремонты. В основе лежит регламент выполнения ТОиР, сформированный по статистическим данным эксплуатации. Метод обеспечивает удержание уровня аварийности в заданном диапазоне.

3. **CBM (Condition Based Maintenance)** – обслуживание по фактическому состоянию. Направлено на исключение избыточных работ для максимальной выработки ресурса. CBM интегрирует прогнозную аналитику с мониторингом в реальном времени, минимизируя простои и затраты на запчасти.

4. **RCM (Reliability Centered Maintenance)** – обслуживание на основе надежности. Меры по обеспечению функциональной устойчивости объектов. RCM оптимизирует схемы ТОиР, снижая издержки через сокращение объема работ без потери надежности систем. Включает ранжирование активов по критичности и анализ механизмов возникновения отказов.

5. **RBI (Risk Based Inspection)** – инспектирование с учетом факторов риска. Процесс оценки вероятности (LoF) и тяжести последствий (CoF) отказа. RBI формирует программы контроля статического оборудования (емкостей, трубопроводов) на базе расчета рисков разгерметизации, определяя приоритетные сроки и объемы освидетельствования.

**6. OEE (Overall Equipment Effectiveness)** – общая эффективность работы оборудования. Стратегия анализа и повышения производительности систем. Метод основан на обработке технологических индикаторов для оперативного контроля и интенсификации эффективности эксплуатации фондов.

### **3.2. Индекс технического состояния оборудования**

Индекс технического состояния оборудования – это обобщённый показатель, который включает значения нескольких других показателей технического состояния, объединённых в единую величину, удобную для сравнения и оценки. Он выражается числовым значением в диапазоне от 0 (наихудший результат) до 100 (наилучший результат).

Оценка технического состояния проводится путём сравнения фактических значений параметров технического состояния функциональных узлов с нормативными значениями, установленными технической документацией и организациями-изготовителями.

Индекс технического состояния для группы оборудования, объединённого в одну технологическую цепочку, определяется как минимальный индекс технического состояния среди единиц оборудования, входящих в цепочку.

Расчёт индекса технического состояния проводится на основе методик, утверждённых Министерством энергетики Российской Федерации. Эти методики разрабатываются для каждого типа объектов электроэнергетики (например, электрические сети, подстанции, объекты генерации) и включают алгоритмы для определения индексов состояния.

Согласно приказу Министерства энергетики РФ от 26 июля 2017 года № 676 была утверждена методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и сетей.

### 3.3. Управление рисками

#### 3.3.1. Классификация рисков

**Риск** представляет собой осознанную опасность, которую человек может предвидеть, и он связан с процессом общественного развития. Под риском понимается потенциальная возможность несения убытков, обусловленная специфическими проявлениями природных процессов и вектором человеческой деятельности. В системе экономических категорий риск позиционируется как стохастическое событие с вариативными сценариями реализации: от отрицательного (наступление ущерба) и нейтрального до положительного (извлечение прибыли). Управляемость рисками обеспечивается через применение предиктивных моделей и внедрение превентивных мер по минимизации вероятных угроз.

Систематизация рисков по группам на основе общих признаков позволяет оптимизировать выбор методов воздействия. Каждая классификационная категория требует специфической архитектуры управления. По источнику возникновения выделяют следующие базовые типы: природно-естественные, экологические, политические, транспортные и коммерческие.

Природно-естественные риски сопряжены с воздействием стихийных факторов (сейсмическая активность, наводнения, пожары, эпидемии). Экологическая составляющая детерминирована уровнем загрязнения биосферы. Политические риски коррелируют с государственной конъюнктурой; к ним относятся препятствия хозяйственной деятельности, вызванные военными конфликтами, революционными процессами, национализацией имущества, ужесточением налогового режима или валютными ограничениями. Транспортный блок охватывает логистические операции с использованием всех видов сообщения.

Коммерческие риски отражают неопределенность финансовых результатов рыночных сделок. По структурному признаку в данной группе выделяют:

- Имущественные риски – вероятность утраты активов из-за технологических сбоев, некомпетентности персонала или хищений.
- Производственные риски – сбои в технологических регламентах и риски, сопряженные с интеграцией нового оборудования.

- Торговые риски – задержки транзакций, неплатежи и срывы графиков поставок.

- Финансовые риски – вероятность потери денежного капитала.

Финансовый блок дифференцируется на риски изменения покупательной способности и инвестиционные угрозы. К первой категории относятся:

- Инфляционный риск, характеризующийся обесценением денежных потоков при опережающем росте цен.

- Дефляционный риск, сопряженный с падением ценовых уровней и общим снижением доходности бизнеса.

- Валютные риски, обусловленные волатильностью обменных курсов.

- Риски ликвидности, фиксирующие вероятность потерь при реализации активов вследствие коррекции их рыночной цены.

Инвестиционный сегмент включает:

- Риск упущенной выгоды – финансовые потери из-за отказа от реализации проектов или механизмов страхования.

- Риск снижения доходности – падение размера дивидендов или процентных начислений.

Процентные риски выражаются в вероятности убытков для финансовых организаций при превышении стоимости привлечения ресурсов над ставками по предоставленным кредитам. Кредитный риск фиксирует вероятность нарушения заемщиком обязательств по обслуживанию и погашению основного долга.

### **3.3.2. Управление рисками и методы их оценки**

Реализация производственно-хозяйственных процессов в рыночной среде неизбежно сопряжена с факторами риска, обусловленными динамической изменчивостью экономической конъюнктуры и стохастическим характером рыночных ситуаций. Несоответствие принимаемых управленческих алгоритмов актуальным условиям или дефекты в процессе принятия решений ведут к возникновению убытков. Объективная оценка вероятности материального ущерба требует превентивного учета всех категорий угроз, сопровождающих предпринимательскую активность, а также применения математических моделей их прогнозирования.

В рамках функционирования энергетического предприятия выделяются следующие классификационные группы возможных потерь:

- **Трудовые потери** – неплановые затраты рабочего времени персонала, вызванные воздействием непредвиденных факторов, что провоцирует снижение интегральной производительности объекта, нарушение графиков работ и рост операционных издержек.

- **Финансовые потери** – прямые денежные убытки, выражающиеся в непредсказуемых транзакциях, штрафных санкциях, увеличении налогового бремени, а также в утрате денежных эквивалентов и ценных бумаг. Данные факторы дестабилизируют финансовую устойчивость субъекта и его способность к обслуживанию обязательств.

- **Специфические экономические потери** – негативные последствия макроэкономических процессов, включая инфляционные циклы, волатильность курсов валют и принудительное изъятие ликвидности в бюджетную систему. Эти факторы зависят от внешней среды и способны радикально ухудшить балансовые показатели предприятия.

- **Временные потери** – отклонения фактических сроков реализации технологических этапов и инвестиционных проектов от нормативных значений, что ведет к падению эффективности эксплуатации активов.

- **Социальные потери** – ущерб здоровью сотрудников, деградация экологических параметров в зоне присутствия объектов, а также эрозия репутационного капитала и имиджа организации. Данная группа потерь деструктивно влияет на внешние и внутренние коммуникации, снижая уровень доверия со стороны контрагентов.

- **Налоговый риск** – вероятность трансформации условий фискальной нагрузки, в том числе обусловленная изменением временных параметров реализации проектов, что создает дополнительное финансовое давление.

- **Риск дефицита выручки** – падение доходной части вследствие сокращения рыночного спроса на электроэнергию или снижения ее стоимости, что создает угрозы ликвидности и затрудняет расчеты с кредиторами.

- **Риск незавершенного строительства** – вероятность отсутствия полной гарантии ввода строящегося энергетического объекта в эксплуатацию в установленные сроки.

По характеру проявления потери классифицируются на систематические и случайные. Систематические компоненты интегрируются во все виды проектных расчетов на стадии планирования. Предметом риск-менеджмента выступают исключительно стохастические события, способные привести как к превышению, так и к экономии планируемых затрат. В абсолютном выражении уровень измеряемого риска фиксируется величиной потенциальных потерь в материально-вещественном или стоимостном эквиваленте.

Ввиду невозможности полного элиминирования рисков стратегия управления ими базируется на предиктивном анализе и стремлении к достижению минимально возможного уровня угрозы. Менеджмент риска предполагает реализацию комплекса мер по блокировке возникновения конкретных угроз, верификацию их стоимости и внедрение предупредительных мероприятий по локализации ущерба. Под ценой риска понимается совокупность фактических убытков организации и затрат, направленных на их минимизацию и последующее возмещение.

Методология снижения рисков нагрузки в процессе реализации проектов включает:

- **Диверсификацию инвестиций** – распределение капитала между различными видами деятельности, сегментами генерации или объектами сетевого хозяйства.

- **Страхование** – передачу финансовой ответственности за наступление рисков событий профильным организациям на возмездной основе.

- **Лимитирование расходов** – установление жестких верхних границ допустимого риска и объемов ущерба для конкретных подразделений и должностных лиц.

- **Резервирование ресурсов** – формирование внутренних стабилизационных фондов финансовых и материально-технических средств как формы самострахования (объем резервов не должен превышать величину потенциальных потерь).

- **Распределение ответственности** – закрепление рисков нагрузки за тем участником инвестиционного проекта, который обладает максимальными инструментами контроля ситуации.

Алгоритмы оценки риска базируются на трех методических подходах: статистическом (анализ частоты и глубины ретроспективных убытков), экспертном (систематизация профессиональных заключений

профильных специалистов и руководителей) и расчетно-аналитическом (эксплуатация математических моделей распределения вероятностей и вычисление количественных индикаторов риска).

### **3.3.3. Риски в электроэнергетике**

Субъекты электроэнергетического комплекса подвержены влиянию всей совокупности существующих рисков. Проявление рискованных ситуаций в данной отрасли влечет за собой негативные последствия не только для профильных организаций, но и для смежных производственных сфер, государственного хозяйства в целом, а также условий жизни граждан. Реализация угроз в энергетике напрямую затрагивает интересы персонала, инвесторов, акционеров, поставщиков сырья и абонентов.

Структурное реформирование отрасли классифицируется как фактор политического риска. Оценка последствий данных преобразований носит исключительно экспертный характер, причем в профессиональной среде наблюдается отсутствие консенсуса: часть специалистов прогнозирует рост эффективности, другие указывают на деструктивное влияние реформ. Объективное подтверждение той или иной позиции возможно лишь в долгосрочной перспективе.

Процессы капитального строительства генерирующих мощностей, подстанций и сетевого хозяйства сопряжены с неопределенностью при прогнозировании объемов потребления, определении категорий надежности, выборе топливного баланса, подборе оборудования и поиске финансовых ресурсов. В процессе текущего функционирования энергетические компании сталкиваются с вероятностью воздействия климатических нагрузок, превышающих проектные значения, возникновением аварийных режимов в сетях, отклонением параметров качества ресурса от нормативов и недогрузкой мощностей. Существенное влияние оказывают неплатежи потребителей, срывы логистики поставок топлива и динамика цен на ресурсы. Для абонентов критическими рисками выступают внезапные отключения, ошибки при планировании договорных лимитов мощности, а также некорректный выбор типов энергоносителей и способов теплоснабжения.

С целью демпфирования негативных эффектов применяются следующие инструменты:

- страхование основных фондов и персонала в коммерческих организациях;
- аккумуляция резервного капитала (не менее 15 % уставного фонда) согласно ФЗ «Об акционерных обществах»;
- формирование нормативных запасов топлива и материальных ресурсов;
- закрепление материальной ответственности за несоблюдение платежной дисциплины в договорах;
- прогнозирование перспективного спроса на энергию;
- реализация планов по обеспечению отказоустойчивости оборудования;
- организация охраны имущества;
- повышение квалификации кадров;
- внедрение систем мониторинга и управления режимами потребления.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем сущность методики «Эксплуатация до отказа»?
2. В чем сущность методики «Планово-предупредительные ремонты»?
3. В чем сущность методики «Техническое обслуживание и ремонт»?
4. В чем заключается сущность методики «Обслуживание, ориентированное на надежность»?
5. В чем сущность методики «Инспектирование оборудования с учетом фактора риска»?
6. В чем сущность методики «Общая эффективность использования оборудования»?
7. Что такое индекс технического состояния оборудования?
8. Как осуществляется расчет индекса технического состояния энергетического оборудования?
9. Каково дефиниционное содержание и концептуальная сущность риска в системе экономических категорий?
10. В чем заключается функциональное содержание и целевая направленность процессов риск-менеджмента в организации?

11. Каким образом осуществляется систематизация рисков факторов исходя из этиологии их возникновения?

12. Какие базовые классификационные группы рисков выделяются в современной теории управления?

13. Какова номенклатура потенциальных материальных и нематериальных ущербов, сопряженных с осуществлением предпринимательской деятельности?

14. Какой методологический инструментарий применяется для нивелирования и минимизации рисков нагрузки в рамках проектной реализации?

15. Что подразумевается под стоимостной оценкой риска и каковы ее компонентные составляющие?

17. Какие аналитические и расчетные подходы задействуются для верификации и количественного измерения параметров риска?

18. В чем заключается отраслевая специфика и компонентный состав рисков, характерных для функционирования субъектов электроэнергетического сектора?

## Глава 4. СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ

### 4.1. Общие положения

Согласно требованиям международных стандартов в области менеджмента производственных активов функционирование СУПА направлено на интеграцию различных бизнес-процессов организации. Это необходимо для установления рационального баланса между показателями надежности электросетевых объектов и финансовыми затратами на их поддержание. Реализация СУПА предполагает глубокую трансформацию текущих операционных процессов, охватывающую не только сферу технического обслуживания и ремонтов (ТОиР), но и смежные управленческие циклы.

Внутренний стандарт предприятия регламентирует:

1. Базовые концепции менеджмента активов организации.
2. Структуру и компонентный состав Системы управления производственными активами.
3. Перечень ключевых массивов данных, правила их структурирования и механизмы межсистемного взаимодействия, включая нормативно-справочную информацию (НСИ).
4. Методологическую и алгоритмическую базу, включающую: – оценку технического состояния основного оборудования электрических сетей; – анализ последствий отказов отдельных единиц и узлов оборудования; – процедуры формирования производственных программ.
5. Комплекс приложений к стандарту, регламентирующих критические этапы внедрения СУПА в электросетевой компании: – сбор первичных статических данных по объектам магистрального электросетевого комплекса; – сбор первичных статических данных по объектам распределительного сетевого комплекса; – фиксацию динамических параметров работы оборудования магистральных сетей; – фиксацию динамических параметров работы оборудования распределительных сетей; – процедуры первичного и регулярного мониторинга данных по потребителям электроэнергии; – планирование и реализацию производственных программ; – оценку эффективности функционирования системы менеджмента через ключевые показатели деятельности (KPI).

6. Квалификационные требования и компетенции персонала, ответственного за выполнение процессов управления активами.

7. Функциональные требования к программно-аппаратному обеспечению для автоматизации управленческих циклов.

8. Реестры и каталоги НСИ.

#### **4.2. Цель и задачи управления активами предприятия**

Основным вектором менеджмента производственных активов организации является поддержание нормативных показателей надежности при транспортировке и распределении электрической энергии. Это реализуется путем рациональной эксплуатации ресурсов и регулирования состояния фондов при соблюдении оптимальной пропорции между финансовыми издержками, вероятными рисками и производительностью эксплуатируемого оборудования.

Достижение поставленной цели предполагает последовательное выполнение ряда задач:

1. Формирование условий для принятия аргументированных управленческих решений в области эксплуатации активов, опирающихся на стандартизированные принципы, методики и регламентированные процедуры.

2. Организация и систематическая актуализация информационных массивов, содержащих сведения об активах и электротехническом оборудовании.

3. Разработка и поступательное совершенствование нормативно-методического фундамента системы управления, включающего алгоритмы, бизнес-процессы, регламенты и справочники нормативно-справочной информации (НСИ).

4. Практическое применение комплексной оценки состояния объектов на базе индекса технического состояния, рассматриваемого как функциональный элемент менеджмента жизненного цикла оборудования.

5. Создание и внедрение инструментария для количественной и качественной оценки последствий, возникающих при отказах производственных активов.

6. Составление верифицированных графиков диагностических обследований, ремонтных работ и технического перевооружения на

среднесрочный (три года) и краткосрочный (один год) периоды с обязательным учетом имеющихся ресурсных лимитов.

7. Обеспечение прецизионного учета фактов отказов технических средств и случаев прекращения электроснабжения абонентов.

8. Систематический анализ результативности процессов управления активами предприятия и формирование на его основе целевых критериев эффективности функционирования системы.

9. Развертывание и эксплуатация специализированного программного обеспечения, автоматизирующего решение аналитических и операционных задач по управлению фондами.

### **4.3. Принципы управления производственными активами**

Менеджмент производственных активов организации базируется на реализации следующих основополагающих принципов:

1. Направленность процессов управления основными фондами на выполнение стратегических задач и достижение долгосрочных показателей развития предприятия.

2. Интеграция подсистемы управления активами в качестве функционального компонента в общую административную структуру управления организацией.

3. Соблюдение рационального баланса между операционными издержками, вероятными техническими рисками и эксплуатационной эффективностью на протяжении всего жизненного цикла оборудования.

4. Внедрение единых стандартов и унификация методологической базы процессов управления активами, действующих во всех подразделениях предприятия.

5. Жесткое разграничение функциональных ролей и зон ответственности персонала при реализации управленческих циклов в отношении материальных активов.

6. Адресное планирование мероприятий по ремонту, модернизации и диагностике с ведением индивидуального учета затрат по каждой единице оборудования (ЕО). Обоснование технических воздействий на сложные технологические комплексы осуществляется через детальный анализ фактического состояния и оценку критичности отказов каждого компонента, входящего в состав объекта.

7. Определение сроков и характера технических мероприятий в отношении ЕО производится на основании: – данных мониторинга и

оценки текущего технического состояния конкретного агрегата; – анализа потенциальных последствий и масштабов ущерба при выходе оборудования из строя; – позиции объекта в приоритетном перечне оборудования, сформированном путем ранжирования по критериям износа и значимости для технологического процесса; – установленных целевых нормативов надежности, требуемого уровня исправности и допустимых удельных затрат; – актуальных лимитов общего объема финансирования и доступности производственно-технических ресурсов.

#### **4.4. Принципы организации данных**

Информационный базис, необходимый для реализации процессов управления производственными активами энергопредприятия, включает следующие структурные компоненты:

1. Совокупность нормативно-справочной информации (НСИ):
  - 1.1. Классификатор оборудования, содержащий перечень технических параметров, достаточный для идентификации устройств и мониторинга их фактического состояния.
  - 1.2. Реестр марок и заводов-изготовителей электротехнической продукции.
  - 1.3. Справочник эталонных значений эксплуатационных показателей для конкретных марок оборудования.
  - 1.4. Каталог типизированных дефектов и неисправностей.
  - 1.5. Библиотека моделей унифицированных технологических позиций (технических мест).
  - 1.6. Сметные нормативы и единичные расценки на производство ремонтных работ и техническое перевооружение.
  - 1.7. База данных трудовых ресурсов, привлекаемых к процессам технического обслуживания и ремонта (ТОиР).
  - 1.8. Перечень стандартных технологических операций ТОиР.
  - 1.9. Классификатор номенклатурных позиций материально-технических ресурсов.

2. Технологические карты на выполнение типовых ремонтов, замен и диагностических обследований, структурированные по разделам:
  - 2.1. Кадровое обеспечение: количественный состав бригады, перечень должностей, требования к квалификационным разрядам и группам допуска по электробезопасности.
  - 2.2. Материально-техническое оснащение: номенклатура и количество измерительных приборов, средств индивидуальной защиты, задействованная спецтехника и механизмы.
  - 2.3. Производственный алгоритм: требования охраны труда, пооперационный состав работ с закреплением исполнителей и времен-

ных лимитов, электрические схемы подключения аппаратуры и условия проведения работ. 2.4. Нормирование: расчетные показатели трудозатрат (чел.-час) для каждого специалиста и нормативы использования механизмов (маш.-час).

3. Контрольные показатели состояния оборудования по факту завершения работ или целевые значения индекса состояния (ИС): 3.1. Характеристики каждой единицы оборудования (ЕО) в рамках параметров, установленных классификатором. 3.2. Статические сведения, включающие паспортные и идентификационные данные объектов. 3.3. Динамические сведения, отражающие результаты испытаний, осмотров и диагностик за весь период эксплуатации оборудования.

4. Сведения о категориях потребителей и точках их присоединения к распределительным сетям (ВЛ, КЛ) в объеме, определенном методиками оценки последствий отказов.

К качеству и структуре информационных массивов предъявляются следующие требования: – иерархическая организация данных об оборудовании должна обеспечивать однозначную связь ЕО с комплексным технологическим объектом (подстанцией, распределительным устройством, линией или секцией шин); – структура данных о нагрузке должна позволять точно идентифицировать питающую потребителя линию электропередачи; – администрирование НСИ должно осуществляться в специализированной программной среде на основе утвержденных процедур и внутренних регламентов организации.

#### **4.5. Методическое обеспечение управления активами**

Методология анализа надежности электросетевых объектов базируется на следующих положениях:

- мониторинг технического статуса реализуется через вычисление индивидуальных индексов состояния (ИС) каждой единицы оборудования (ЕО);
- определение величин ИС осуществляется с применением регламентированных алгоритмов, специфичных для конкретных групп технических устройств;
- состояние сложных иерархических и технологических комплексов устанавливается путем агрегирования показателей ИС всех входящих в их состав компонентов;

- диагностические процедуры проводятся на основе унифицированных методических указаний и требований внутренней нормативной базы организации.

Алгоритм оценки последствий выхода оборудования из строя включает:

- выражение ущерба от прекращения энергоснабжения абонентов в условных единицах (баллах) значимости. Действующий классификатор позволяет соотнести каждую точку поставки с конкретной категорией потребителей, имеющей фиксированный весовой коэффициент;

- суммирование баллов по восходящему принципу: от точек подключения к питающим воздушным (ВЛ) или кабельным (КЛ) линиям, затем от ответвлений к магистралям и далее к секциям шин трансформаторных подстанций (ТП) и узловых подстанций (ПС);

- корректировку итоговых показателей значимости для секций шин и линий в сторону уменьшения при наличии схем резервирования. Коэффициенты снижения рассчитываются для различных классов напряжения на базе статистических данных о перерывах в электрообеспечении;

- трансляцию полученных баллов на все оборудование ПС, ТП и ЛЭП, обеспечивающее функционирование соответствующих узлов сети;

- формирование итоговой базы данных, содержащей сведения о величине балла значимости отказа для каждой единицы оборудования.

Порядок формирования производственной программы предприятия:

- планирование опирается на совместный анализ данных о фактическом техническом износе и критичности последствий отказа объектов;

- процесс включает документальное утверждение целевых ориентиров менеджмента активов и разработку сценарных условий для графиков ремонтов и замен;

- приоритетность технических воздействий определяется принципом концентрации ресурсов на оборудовании с наихудшими показателями состояния и максимальными рисками для системы;

- финансово-техническое обоснование работ базируется на технологических картах и системе единичных расценок, что позволяет верифицировать состав операций, стоимость реализации, потребность в материалах и ожидаемое приращение ИС после завершения мероприятий;
- результатом планирования является среднесрочная программа мероприятий на три года с годовой детализацией, дополненная графиками диагностики на год, следующий за плановым (N+1);
- методика позволяет идентифицировать перечень объектов, техническое воздействие на которые признано нецелесообразным на текущем этапе по критериям состояния и риска;
- оценка совокупного бюджета программы производится исходя из объема затрат, требуемых для приведения системы к целевым параметрам надежности, с учетом удельной стоимости изменения индекса состояния производственных активов.

#### **4.6. Принципы анализа эффективности управления производственными активами**

СУПА выступает в качестве фундаментального управленческого контура организации, оказывая определяющее влияние на итоговую эффективность функционирования предприятия. Глубокий анализ качества менеджмента фондов базируется на применении операционных индикаторов, отражающих фактическое техническое состояние электротехнического оборудования. Система ключевых показателей эффективности (КПЭ) представляет собой аналитический инструмент для количественной оценки продуктивности активов, уровня производственных рисков и объема финансовых издержек как в масштабах всей компании, так и в разрезе ее филиалов.

Данные метрики интегрированы в операционные циклы СУПА и включают в себя ряд универсальных параметров. Общие индикаторы системы подразделяются на три категории:

- точность планирования и полнота реализации производственных графиков;
- показатели безотказности (надежности);
- параметры стоимостных затрат.

Отраслевой стандарт фиксирует перечень и математические алгоритмы расчета КПЭ, в то время как их нормативные значения устанавливаются адресными распорядительными актами. Суммарный объем парка технических средств и устройств, находящихся на балансе предприятия, оценивается с помощью комплексного показателя количества условных единиц (у.е.) оборудования.

### **Контрольные вопросы**

1. Для чего необходим стандарт предприятия и что должно быть отражено в этом документе?
2. Какова цель управления производственными активами предприятия?
3. Какие основные задачи необходимо решить, чтобы обеспечить эффективное управление производственными активами?
4. Назовите основные принципы управления производственными активами.
5. Назовите основные принципы организации данных для УПА.
6. Что входит в понятие «Методическое обеспечение УПА»?
7. Каковы основные положения методологии анализа критичности последствий при отказах оборудования?
8. Каковы базовые принципы формирования планов ремонтных и диагностических мероприятий в организации?
9. На какие три группы делятся ключевые показатели эффективности при анализе СУПА?

## Глава 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

### 5.1. Управление и ведение режимов систем электроэнергетики

В процессе эксплуатации электроэнергетических систем обязательным условием является организация и ведение оперативно-диспетчерского управления (ОДУ). Фундаментальные принципы функционирования ОДУ включают: поддержание баланса между генерируемой мощностью и фактическим потреблением ресурса; регулирование технологических параметров работы энергообъектов; прогнозирование показателей выработки и нагрузки в энергосистеме; согласование графиков вывода оборудования в ремонт или из эксплуатации, а также контроль его включения в работу после завершения технических мероприятий.

Для обеспечения требуемой оперативности принятия решений задачи тактического уровня передаются на нижние ступени иерархии управления. В связи с этим на каждом узловом объекте электроэнергетики, включая электростанции, сетевые предприятия и подстанции с постоянным дежурным персоналом, формируются структуры оперативного управления.

К сфере ответственности оперативного персонала в рамках рабочей смены относятся задачи по реализации и корректировке плановых режимов, предотвращению развития системных аварий, восстановлению нормальных схем соединений и питания абонентов в послеаварийных ситуациях, а также организация условий для безопасного проведения ремонтных и восстановительных работ. На представленной структурной схеме (рис. 1) отражена классификация оперативных режимов и логика последовательных переходов между ними.

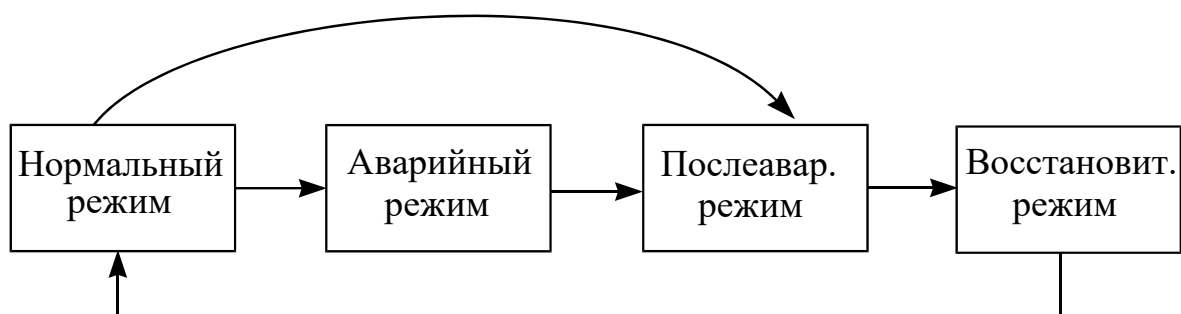


Рис. 1. Структурная схема с наименованием режимов и последовательностью переходов от одного режима к другому

В нормальном режиме работа электроэнергетической системы организуется таким образом, чтобы обеспечить непрерывное электроснабжение всех категорий потребителей при соблюдении установленных требований к качеству и надёжности электроэнергии, а также при достижении наибольшей экономической эффективности. Реализация этих задач осуществляется оперативным персоналом с использованием автоматизированных систем диспетчерского управления и комплекса устройств автоматики, предназначенных для работы в нормальных режимах.

В условиях аварийного режима приоритетной задачей становится снижение общего ущерба, возникающего вследствие ограничения электроснабжения и повреждения силового оборудования. Это достигается за счёт быстрого привлечения доступных ресурсов и их рационального перераспределения. Управление в этот период требует немедленного устранения причины возмущения и ограничения распространения последствий технологического нарушения. Решение указанных задач обеспечивается программно-аппаратными средствами релейной защиты и противоаварийной автоматики, поскольку высокая скорость протекания переходных процессов не позволяет человеку эффективно участвовать в непосредственном управлении системой.

Целевой задачей в послеаварийном режиме выступает блокирование дальнейшего развития системной аварии путем реализации управляющих воздействий, обеспечивающих минимальный уровень интегральных потерь для энергосистемы и подключенных абонентов.

Стадия послеаварийного восстановления характеризуется **итерационной нормализацией** технологических параметров функционирования энергосистемы и возвращением ее **топологической структуры** к проектным значениям. В рамках данного режима управляющие воздействия концентрируются на поэтапной стабилизации режима и рекуперации стандартной схемы соединений первичного оборудования.

### **5.1.1. Управление энергосистемами в нормальном режиме**

Текущее управление технологическими режимами объектов в штатных условиях жестко детерминировано плановым диспетчерским графиком, разработанным в цикле краткосрочного планирования. Кор-

ректировка заданных параметров допускается лишь при изменении режимной ситуации с обязательным документальным обоснованием и фиксацией в оперативных журналах. При любых несанкционированных отклонениях от плановых значений персонал объекта должен немедленно уведомлять вышестоящее звено диспетчерской иерархии. Генерирующее оборудование функционирует в режиме безусловного исполнения команд системного оператора по набору нагрузки до предполагаемого максимума или ее снижению до технического минимума, включая процедуры пуска и останова агрегатов. На электростанциях ведется непрерывный мониторинг и регулирование частоты и активной мощности для обеспечения стабильности энергосистемы, соблюдения государственных стандартов и поддержания плановых перетоков между энергообъединениями. Данный процесс базируется на двухстадийной схеме координации, где первичный этап реализуется всеми станциями сети через автоматическое воздействие регуляторов скорости на выходную мощность агрегатов. Результативность этого процесса напрямую определяется установленным коэффициентом статизма АРС. Второй этап – вторичное регулирование – применяется для прецизионной доводки параметров и выполняется в автоматическом (через системы АРСМ) или оперативном режиме на выделенных регулирующих электростанциях. Для исключения технического противодействия первичному уровню вторичное регулирование обязательно предусматривает частотную коррекцию.

Персонал электростанций вправе корректировать мощность агрегатов после частотных колебаний только в регламентированных случаях: при стабилизации частоты на отметке 50 Гц, после получения санкции от диспетчера центральной службы или при выходе технических параметров оборудования за допустимые эксплуатационные границы.

Администрирование уровней напряжения в электросетевом комплексе направлено на верификацию параметров согласно требованиям ГОСТ 13109–97, соблюдение эксплуатационных ограничений генерирующего и сетевого оборудования, сохранение необходимых коэффициентов статической и динамической устойчивости ЭЭС, а также на сокращение технологического расхода мощности при ее передаче. Технологический цикл регулирования базируется на программно-аппаратных средствах автоматизации и телеметрии; в случае их недоступности

данные функции делегируются оперативному персоналу объектов при прямой координации со стороны диспетчерского аппарата.

В дополнение к указанному, диспетчерский аппарат и оперативные подразделения реализуют функции по надзору и трансформации топологической структуры сети, координации графиков вывода оборудования в ремонт и его последующего включения, а также мониторингу технического состояния систем релейной защиты и противоаварийной автоматики. Функционал данных служб также охватывает проведение натурных испытаний энергообъектов, ввод в эксплуатацию новых мощностей и ведение нормативной оперативной документации и отчетности.

### **5.1.2. Управление энергосистемами в аварийном режиме**

Технологические сбои в электроэнергетических комплексах систематизируются по трем ключевым направлениям: инциденты на генерирующих мощностях, отказы электросетевого оборудования и системные аварии, дестабилизирующие функционирование всего энергообъединения. Подавляющая часть недоотпуска электроэнергии (в пределах 80 – 90 %) обусловлена повреждениями элементов электрических сетей. На долю технологических нарушений на электростанциях приходится от 10 до 20 % суммарного дефицита мощности, что наиболее характерно для изолированных энергоузлов или районов со слабыми межсистемными связями. Наиболее тяжелыми по своим последствиям признаются системные аварии, в то время как единичные отключения сетевых компонентов обычно не влекут за собой прекращения электроснабжения, ограничиваясь лишь перераспределением нагрузки по параллельным цепям.

К категории системных относятся нарушения, сопровождающиеся потерей устойчивости и делением энергосистемы на изолированные части, если это приводит к отключению более 5 % нагрузки выделенного района. Также системный статус присваивается авариям, при которых частота тока удерживается на уровне ниже 49,5 Гц более одного часа. Массовые разрушения линий электропередачи под воздействием стихийных факторов, повлекшие за собой сброс более 10 % совокупной нагрузки энергосистемы, также классифицируются как системные аварии.

Большинство системных инцидентов характеризуется каскадным развитием процессов. Перерастание локального повреждения в общесистемный кризис обычно обусловлено сочетанием ряда негативных факторов:

- дефицитом резервных мощностей в системе;
- низкой пропускной способностью электрических магистралей и связей;
- некорректным функционированием комплексов релейной защиты и автоматики (РЗА);
- недостаточным оснащением объектов средствами противоаварийной автоматики (ПА);
- низкой эксплуатационной надежностью коммутационных аппаратов;
- ошибочными решениями и действиями оперативного персонала.

Высокая динамика аварийных режимов практически исключает возможность прямого оперативного вмешательства человека в процесс их ликвидации. Тем не менее, технические специалисты обязаны владеть методами оценки сложных ситуаций и алгоритмами действий на случай неэффективного срабатывания автоматических систем управления. Для понимания основ эксплуатации необходимо детально изучить механизмы возникновения и протекания лавинообразных аварийных процессов, характерных для современных энергосистем.

### **5.1.3. Восстановление энергосистемы после крупных аварий**

Возврат электроэнергетической системы (ЭЭС) к нормальному режиму после тяжелых системных аварий – процесс долгий и организационно крайне сложный. Учитывая масштаб и разветвленность современных сетей, ликвидация таких инцидентов требует от диспетчерского персонала мгновенной ориентации в обстановке. Здесь критически важно собрать достоверную картину происходящего и многократно выверить каждое оперативное решение перед его реализацией.

Любые действия по «подъему» энергосистемы всегда начинаются с детального анализа сложившейся послеаварийной схемы. По сути, эксплуатационный персонал должен оперативно выяснить три базовые вещи. Во-первых, проводится оценка технического состояния

узлов: выявляются физические повреждения оборудования и принимается решение о том, можно ли его задействовать (хотя бы по временным схемам). Во-вторых, проверяется топология сети на предмет сохранения целостности электрических связей. И в-третьих, определяется фактическая готовность электростанций и подстанций к подаче напряжения и последующему набору потребительской нагрузки.

Сам алгоритм восстановления сводится к пошаговой сборке схемы путем поочередного включения и синхронизации уцелевших или оперативно восстановленных участков. В этот период ЭЭС проходит через ряд сложных промежуточных состояний. Характеристики этих переходных режимов постоянно меняются и напрямую зависят от того, какой состав генерации сейчас находится в сети, каковы объемы подключенной нагрузки и реальная пропускная способность линий. Разумеется, любые переключения и попытки синхронизации должны жестко опираться на требования местных инструкций и режимных карт. Одно из фундаментальных правил гласит: категорически запрещается форсировать выдачу мощности генераторами до того момента, пока не будут завершены необходимые сетевые коммутации и не появится уверенность, что потребители готовы эту мощность забрать.

Отдельное внимание в ходе сборки схемы уделяется контролю электрических параметров. Уровни напряжений, частота и потоки активной мощности по межсистемным связям ни при каких обстоятельствах не должны выходить за границы допустимых значений. Попытка пренебречь этими ограничениями почти гарантированно приведет к повторному каскадному отключению и лишь усугубит масштаб аварии.

Статистический анализ системных аварий указывает на высокую вероятность повторных технологических нарушений при дефиците контроля за режимными параметрами или вследствие ошибочных действий оперативного персонала.

Результатом выполнения регламентированного комплекса мероприятий является перевод электроэнергетической системы в устойчивое конечное состояние, соответствующее исходным проектным характеристикам или режиму с незначительно сниженными показателями функционирования.

## Контрольные вопросы

1. Назовите основные принципы оперативно-диспетчерского управления систем электроэнергетики.
2. Изобразите структурную схему, показывающую наименование режимов и последовательность переходов от одного режима к другому.
3. Чем характеризуется нормальный режим работы электроэнергетической системы (ЭЭС)?
4. Какова цель управления ЭЭС в аварийном режиме?
5. В чем цель управления ЭЭС в послеаварийном режиме?
6. Охарактеризуйте восстановительный режим ЭЭС.
7. Каким образом реализуются процедуры регулирования частоты и контроля потоков активной мощности?
8. В чем заключается специфика и задачи первичного и вторичного уровней регулирования мощности?
9. На какие три группы можно условно разделить все технологические нарушения в электрических системах?

### 5.2. Виды ремонтов элементов ЭЭС

Преобладающая часть оборудования в энергетике классифицируется как восстанавливаемые объекты; исключение составляют неремонтопригодные элементы, такие как изоляторы, кабельные муфты и предохранители, требующие полной замены при выходе из строя. Сохранение функциональности электроустановок в условиях естественного износа обеспечивается выполнением плановых ремонтных циклов. Существующая классификация ремонтных воздействий включает: капитальный ремонт, направленный на полное восстановление или замену изношенных узлов до проектных значений; текущий ремонт для оперативного устранения возникающих неисправностей; средний ремонт, представляющий собой частичное восстановление ресурса ответственных компонентов; а также аварийно-восстановительный ремонт, проводимый для экстренной ликвидации последствий внезапных отказов и возвращения объекту утраченной работоспособности.

## **Типы взаимосвязей ремонтов**

Ремонтные процессы в электроэнергетике классифицируются на взаимосвязанные и взаимоисключающие (несовместимые). Взаимосвязанные циклы подразумевают строго синхронное выполнение сервисных операций на различных объектах: например, ремонт линии в нагруженном сечении реализуется только при параллельном обслуживании генерации на передающей стороне. Чаще встречаются несовместимые ремонты, при которых вывод из работы одного сетевого звена блокирует возможность одновременного отключения других элементов. По степени допустимости выделяют безусловную совместимость, совмещение с высоким уровнем риска и совместимость, ведущую к снижению качества энергоснабжения. Оценка несовместимости только по параметрам нормального режима недопустима; необходим сравнительный анализ вероятности развития каскадных аварийных процессов в штатной схеме и в условиях фактического вывода оборудования.

### **5.2.1. Выбор целесообразной системы ремонтов оборудования ЭЭС**

В современной отечественной энергетике основополагающей признана стратегия планово-предупредительных ремонтов (ППР) объектов электроэнергетических систем. Данная концепция базируется на обязательном выполнении технического обслуживания с фиксированной периодичностью и в строго регламентированных объемах. Реализация капитальных и текущих ремонтных циклов осуществляется либо согласно нормативным срокам, либо на основе результатов аналитического мониторинга фактического состояния оборудования. Глубина ремонтного воздействия определяется данными, полученными в ходе регламентного обслуживания и инструментальной диагностики с использованием штатных систем измерения и контроля.

Методология ППР не исключает вероятности возникновения отказов технических устройств, что требует проведения аварийно-восстановительных мероприятий в непредсказуемые временные интервалы. Данные работы по своему характеру и трудозатратам могут классифицироваться как капитальные или текущие. Регламентные ремонты производятся в утвержденные сроки вне зависимости от фактической наработки и наличия дефектов. Если отказ конструктивного элемента

происходит до даты планового вмешательства, выполняется внеочередной ремонт, после чего объект эксплуатируется до очередного этапа ППР. При такой организации процесса оборудование зачастую выводится из работы при высокой остаточной надежности, то есть без полной выработки эксплуатационного ресурса.

Одной из наиболее острых проблем современной российской энергетики является существенный физический и моральный износ основных производственных фондов при недостаточных темпах их реконструкции и обновления. Подобная ситуация осложняет управление объектами, увеличивает себестоимость эксплуатации и повышает риски системных аварий. В сложившейся ситуации ключевой задачей становится аудит результативности текущей системы ТОиР и её сравнительный анализ с иными управленческими моделями, включая стратегию обслуживания по фактическому состоянию или подход, базирующийся на экстренном восстановлении активов после отказа (табл. 2.1).

Таблица 2.1

СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ					
Техническое обслуживание		Ремонт			
		плановый		аварийный	
периодичность	объем	периодичность	объем	периодичность	объем
регламентная	регламентный	по техническому состоянию или регламентная	по техническому состоянию	после отказа	по глубине повреждения

Концепция аварийно-восстановительных (внеплановых) ремонтов (табл. 2.2) ориентирована на возврат оборудования в рабочее состояние исключительно по факту возникновения отказа. Данный подход не предполагает выполнения каких-либо регламентных или профилактических мероприятий. Вследствие вероятного роста интенсивности повреждений совокупные расходы на экстренные восстановительные работы часто превышают финансовые затраты, характерные для планово-предупредительной стратегии. По этой причине широкое внедрение подобного метода в энергетическую практику признается нецелесообразным.

Таблица 2.2

СИСТЕМА АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ			
Техническое обслуживание		Аварийно-восстановительный ремонт	
периодичность	объем	периодичность	объем
регламентная или отсутствует	регламентный или отсутствует	после отказа	по глубине повреждения

В противоположность этому, стратегия ремонта по техническому состоянию (табл. 2.3) получает широкое применение. В мировой практике виден вектор смены регламентов ППР на управление эксплуатацией оборудования на основе его фактических параметров и износа.

Таблица 2.3

СИСТЕМА РЕМОНТОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ					
Техническое обслуживание		Ремонт			
		плановый		аварийный	
периодичность	объем	периодичность	объем	периодичность	объем
регламентная	регламентный	по техническому состоянию	по техническому состоянию	после отказа	по глубине повреждения

Внедрение модели обслуживания по фактическому состоянию базируется на фиксации специфических триггеров: выходе контролируемых индикаторов за пределы нормативных допусков или выявлении девиаций характеристик в сравнении с аналогичными узлами. В данной парадигме техническая диагностика приобретает статус определяющего фактора, обеспечивая мониторинг текущего статуса установок, верификацию дефектов на ранних стадиях и прогнозирование

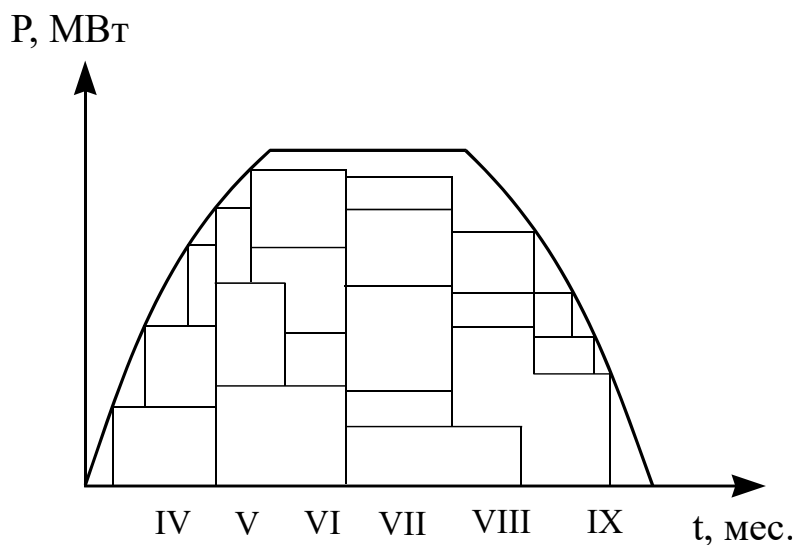
остаточного ресурса безаварийной работы. Сбор и интерпретация операционных данных осуществляются в формате периодических регламентных проверок, частота которых коррелирует с износом и значимостью объекта в сети, либо посредством систем непрерывного автоматизированного мониторинга. Практика эксплуатации подтверждает превалирующую эффективность потокового мониторинга в реальном времени над дискретными замерами, несмотря на существенные капиталовложения. Интеграция прецизионных систем слежения признается наиболее рациональной для критически важного оборудования высших категорий надежности. Переход к ремонту по состоянию сопряжен с ростом затрат на технический сервис, однако гарантирует повышение коэффициентов готовности и сохранение эксплуатационного потенциала парка оборудования.

### **5.2.2. Планирование капитальных и текущих ремонтов оборудования ЭЭС**

Основой системы плано-предупредительных ремонтов (ППР) является перспективный пятилетний график технического перевооружения и ремонта активов генерирующих и сетевых компаний, скорректированный с учетом данных мониторинга состояния оборудования. Регламент планирования в электроэнергетике структурирован в четыре фазы, первая из которых сфокусирована на формировании программы на предстоящий годовой период. В конце текущего года определяется перечень объектов, подлежащих сервисному воздействию; годовой план жестко регламентирует календарные сроки и продолжительность вывода мощностей, а также объемы работ с распределением по исполнителям.

Целевой функцией при назначении капитальных и средних ремонтов выступает минимизация совокупных издержек, аккумулирующих затраты на топливную составляющую, стоимость технических операций и расчетную величину ущерба от потенциального аварийного дефицита мощности. Временные интервалы вывода оборудования синхронизируются с периодом сезонного снижения электропотребления (с марта по сентябрь), образующим так называемую «ремонтную площадку» (рис. 2). Для объектов тепловой генерации приоритетным критерием оптимизации зачастую является минимизация удельного

расхода условного топлива, при этом также может применяться принцип максимальной плотности использования отведенного временного



*Рис. 2. Размещение ремонтного оборудования в пределах ремонтной площадки*

окна ремонтных работ, критерий максимума ремонтируемой мощности и др.

Учёт требований надёжности и совместности различных ремонтов, возможностей разных ремонтных организаций осуществляется наложением определённых ограничений.

## **II этап. Составление месячного плана ремонтов оборудования**

Этап оценки допустимости вывода агрегатов в ремонт на краткосрочном интервале отличается высокой степенью проработки, что обусловлено прецизионностью прогнозов электропотребления и гидрологических факторов на месячный период. Базисом для формирования месячной программы работ выступают диспетчерские заявки на капитальное, среднее и текущее обслуживание. В данных формулярах отражаются характеристики узлов, перечень технологических операций, временные рамки реализации и значения снижения располагаемой мощности энергосистемы при выводе оборудования. Основная управленческая задача при составлении графиков на месяц сводится к поиску технически реализуемых схем, позволяющих в максимальном объеме удовлетворить запросы на проведение текущего ремонта.

Процедура планирования структурирована в виде последовательных действий, первым из которых является входной контроль и верификация заявок: устранение технических неточностей и проверка корреляции запросов на капитальные и средние работы с ранее принятым годовым регламентом;

контроль соблюдения системных ограничений (базовым требованием выступает не превышение заданного лимита дефицита мощности в каждые сутки расчетного периода);

идентификация ремонтных мероприятий, исключение которых из текущего графика обеспечит наиболее эффективное снижение выявленного сверхнормативного дефицита мощности;

итерационная проверка условий достаточности мощности после каждого факта временного удаления работ до полной ликвидации дефицитных ситуаций;

анализ возможности смещения сроков условно исключенных работ вдоль временной оси для их интеграции в свободные окна ремонтной площадки. Данная процедура позволяет определить интервалы, в которых проведение ремонта не нарушает балансовую надежность системы;

фиксация уточненных календарных дат для всех работ, успешно размещенных в графике; остальные заявки, не прошедшие фильтр ограничений по мощности, подлежат окончательному исключению из плана на текущий месяц.

### **III этап. Рассмотрение заявок на ремонт**

Оформление заявок на производство работ осуществляется эксплуатирующим подразделением, после чего документация направляется по каналам оперативного управления согласно иерархической структуре предприятия. Рассмотрение поданных заявок производится на стадии краткосрочного планирования. В ходе данной процедуры выполняется расчет электрических режимов системы с учетом отключения соответствующего элемента, а также моделируются вероятные аварийные сценарии, которые могут быть спровоцированы проведением ремонтных операций. Принятая к исполнению заявка трансформируется в официальное распоряжение, санкционирующее выезд на объект ремонтных бригад, специализированных машин и техники. Однако фиксация конкретных дат в этом документе становится возможной лишь как итог анализа накладных расходов, на основе которых и выносится окончательное решение о графике реализации работ. Таким образом, финансовая верификация сопутствующих затрат выступает отправной точкой для утверждения временных рамок, после чего план-

график становится обязательным к выполнению всеми задействованными подразделениями.

#### **IV этап. Разрешение заявок на ремонт**

Официальное изменение статуса объекта и его изъятие из оперативного ведения становятся возможными лишь после того, как на уровне диспетчерского управления будет выдано соответствующее разрешение на ремонт. При этом фактический переход оборудования в зону ответственности ремонтных служб не отменяет необходимости надзора: сохранение стабильности системы требует от профильных специалистов непрерывного мониторинга технических параметров и глубокого анализа обстановки на протяжении всего периода производства работ.

#### **Контрольные вопросы**

1. Классифицируйте виды ремонтов и представьте их дефиниции.
2. Раскройте содержание термина планово-предупредительный ремонт.
3. Характеристика аварийно-восстановительных работ.
4. Принципы ремонта по фактическому состоянию.
5. Какие факторы учитываются в процессе планирования режимов энергосистемы?
6. Перечислите ключевые задачи системы технической диагностики.
7. Назовите четыре стадии процесса планирования ремонтов оборудования в электроэнергетических системах.
8. Ключевые задачи, закрепленные за уровнем краткосрочного планирования.

### **5.3. Эксплуатация элементов электрических сетей**

#### **5.3.1. Эксплуатация трансформаторов**

Нагрузочный потенциал силового оборудования диктуется его тепловым состоянием, которое является производной от интенсивности выделения энергии внутри активных частей и качества работы

внешних охладителей. Увеличение единичной мощности трансформаторного оборудования неизбежно сталкивается с известным физическим барьером: динамика роста внутренних тепловых потерь существенно опережает расширение доступной площади охлаждающих поверхностей. Подобная диспропорция заставляет проектировщиков применять все более нетривиальные схемы отвода тепла. В свою очередь, на стадии эксплуатации вопрос продления ресурса агрегата сводится к жесткой дисциплине ведения режимов – персоналу необходимо непрерывно удерживать тепловые и токовые нагрузки в узком диапазоне допустимых значений.

На практике фундаментом надежной работы выступает комплексный контроль состояния активной части. Критически важно не допустить ускоренной деградации твердой изоляции и сохранить исходные физико-химические свойства трансформаторного масла. Параллельно с этим требуется постоянный мониторинг работоспособности механических узлов, в первую очередь – устройств РПН и самих контуров охлаждения. В конечном итоге, весь алгоритм технического обслуживания базируется на строгом мониторинге этих пороговых параметров, что позволяет вовремя предотвратить износ оборудования и исключить внезапные отказы.

$$\Delta P = c_1 S^{3/4};$$

$$F = c_2 S^{1/2},$$

где  $c_1, c_2$  – постоянные.

Выбор системы охлаждения – от простейшей естественной циркуляции (М) до принудительного нагнетания масла и воздуха (ДЦ) или использования воды (Ц) – продиктован исключительно ростом номинальной мощности агрегата и необходимостью эффективного отвода тепла. В мощных установках типа Ц и ДЦ работа охладителей жестко синхронизирована с моментом включения самого трансформатора, при этом масляные насосы должны функционировать непрерывно, а электропитание – иметь резервирование через АВР. Для систем типа Д алгоритм управления иной: вентиляторы активируются либо при достижении маслом отметки в 55 °С, либо при выходе на номинальную нагрузку, отключаясь лишь после остывания до 50 °С.

Температурные пороги для верхних слоев масла варьируются от 75 °С для систем ДЦ до 95 °С для типов М и Д, в то время как для водяного охлаждения (Ц) критической точкой считается 70 °С на входе в охладитель. Эксплуатационные допуски позволяют трансформатору длительно выдерживать десятипроцентное превышение напряжения на обмотках или пятипроцентную перегрузку по току, если соблюдены номинальные параметры на ответвлениях. При экстремально низких температурах (ниже -25 °С) пуск мощных систем Ц и ДЦ на полную нагрузку запрещен без предварительного прогрева на половинной мощности, в то время как более простые системы М и Д допускают старт в любой мороз.

В основе всех этих ограничений лежит защита изоляции, чей ресурс сокращается из-за сложного переплетения химических, тепловых и электрических процессов. Нагрев провоцирует хрупкость и разложение материалов, влага и агрессивная среда запускают окисление, а ионизационные явления и механические деформации завершают разрушение диэлектрика. Эти факторы действуют синергетически: каждое нарушение режима ускоряет старение материала, неуклонно снижая его электрическую прочность до критического уровня.

### **Техническое обслуживание трансформаторов**

Инструментальный контроль, визуальный мониторинг и комплексные испытания составляют основу эксплуатационного обслуживания трансформаторов. В распределительных сетях до 15 кВ включительно замеры электрических параметров (нагрузки и уровней напряжения с обеих сторон обмоток) привязываются к суточным экстремумам, при этом конкретный график таких проверок, как и регламент осмотров под напряжением, диктуется техническим руководителем исходя из надежности и расположения конкретного узла.

В ходе штатных обходов фокус внимания сосредоточен на герметичности уплотнений, целостности внешней изоляции и соответствии физических свойств масла (уровня, цвета и температуры) нормативным меткам на расширителе. В эксплуатационной практике процедуры глубокого профилактического диагностирования, в противовес текущему оперативному наблюдению, всегда сопряжены с необходимостью полного вывода агрегата из работы и его обесточивания. Как правило, такие проверки целесообразно совмещать по срокам с периодами

плановых ремонтных кампаний. Что касается самой методики проведения испытаний, то здесь персонал обязан жестко руководствоваться не только действующими нормативными документами отрасли, но и специфическими инструкциями завода-изготовителя конкретного электрооборудования.

### **Ремонты трансформаторов**

Окончательный вердикт относительно объемов и календарных сроков предстоящего ремонта всегда выносит техническое руководство эксплуатирующего предприятия. При этом фундаментом для принятия таких решений служат результаты прямых инструментальных замеров, подкрепленные данными визуальных осмотров оборудования.

На практике важнейшим индикатором «здоровья» трансформаторных обмоток принято считать коэффициент абсорбции. В физическом смысле это расчетная величина, отражающая отношение сопротивлений изоляции, которые фиксируются мегаомметром (с рабочим напряжением 2,5 кВ) строго на шестидесятой и пятнадцатой секундах после приложения испытательного напряжения. Нормативное значение данного коэффициента должно находиться на уровне 1,3 и выше. В ситуациях, когда эта цифра проседает вплоть до единицы, специалисты уверенно констатируют факт опасного насыщения диэлектрика влагой.

- Что касается классификации самих восстановительных мероприятий, то принципиальная разница между текущим и капитальным ремонтами кроется исключительно в глубине физического вмешательства в конструкцию агрегата. Текущее обслуживание носит сугубо оперативный характер и обходится без сложной разборки. В этот период эксплуатационный персонал решает локальные задачи: ликвидирует мелкие масляные течи, очищает наружную обшивку бака и фарфоровые вводы, обновляет сорбент в фильтрах и доводит до нормы уровень масла. Завершается подобный профилактический цикл обязательной проверкой характеристик – в частности, измерением омического сопротивления обмоток постоянному току.

- **Капитальный ремонт** предполагает полную ревизию внутренних узлов, для чего выполняется вскрытие бака и подъем сердечника. В ходе этой фазы специалисты не только проверяют магнитопровод и подпрессовывают обмотки, но и восстанавливают герметичность

кранов, обновляют окраску корпуса и проводят глубокую сушку изоляционных материалов.

Стратегия поддержания качества диэлектрика коррелирует с конструкцией трансформатора. В агрегатах старого типа (до 630 кВА без фильтров) требуется регулярный мониторинг масла на пробивное напряжение, кислотное число и наличие взвесей. В современных моделях (от 160 кВА), оснащенных термосифонными фильтрами, состояние масла чаще оценивается в комплексе с ресурсом твердой изоляции во время капитальных инспекций.

При выявлении деградации масла применяется многоступенчатая очистка:

1. **Центрифугирование** избавляет жидкость от воды и тяжелых механических фракций.

2. **Фильтр-прессы** под давлением задерживают угольный шлам и волокнистые включения.

3. **Вакуумное распыление или синтетические цеолиты** используются на финальной стадии для окончательного удаления влаги.

### **5.3.2. Эксплуатация оборудования распределительных устройств**

Электрооборудование распределительных устройств всех типов и классов напряжения по своим номинальным параметрам должно соответствовать условиям работы как в номинальных режимах, так и при коротких замыканиях, перенапряжениях и допустимых нормами перегрузках.

Персонал, обслуживающий распределительные устройства, должен быть обеспечен схемами и указаниями по допустимым режимам работы электрооборудования в нормальных и аварийных условиях.

Согласно ПТЭ (п. 5.4):

- класс изоляции электрооборудования должен соответствовать номинальному напряжению сети;
- при размещении электрооборудования в районах с загрязнённой атмосферой на стадии проектирования необходимо выбирать оборудование с изоляцией, обеспечивающей надёжную работу без применения дополнительных защитных мер. При эксплуатации оборудования с

изоляции, не устойчивой к загрязнению, в условиях загрязнённой атмосферы должны предусматриваться меры, обеспечивающие надёжность её работы:

1. в открытых распределительных устройствах – усиление изоляции, её обмывка, очистка и нанесение гидрофобных паст;

2. в закрытых распределительных устройствах – защита от проникновения пыли и вредных газов;

3. в комплектных распределительных устройствах наружной установки – уплотнение шкафов, обработка изоляции гидрофобными пастами и установка устройств электроподогрева с ручным либо автоматическим управлением;

- температура воздуха внутри помещений закрытых распределительных устройств в летний период не должна превышать 40 °С. При превышении этого значения должны приниматься меры по снижению температуры оборудования или охлаждению воздуха. Температура в помещении комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией должна соответствовать требованиям эксплуатационной документации изготовителя;

- должны быть предусмотрены меры, исключаящие проникновение животных и птиц в помещения закрытых распределительных устройств и камеры комплектных распределительных устройств;

- на дверях и внутренних стенках камер закрытых распределительных устройств, на оборудовании открытых распределительных устройств, на наружных и внутренних лицевых сторонах комплектных распределительных устройств, сборках, а также на лицевой и обратной сторонах панелей щитов должны быть нанесены надписи, указывающие назначение присоединений и их диспетчерские наименования;

- в распределительных устройствах должны находиться переносные заземления, средства для оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях, а также защитные и противопожарные средства.

### **Техническое обслуживание оборудования РУ**

Методика контроля состояния ошиновки в распределительных устройствах (РУ) напрямую зависит от величины рабочего тока: для цепей свыше 1000 А требуется замер переходного сопротивления на обесточенном оборудовании или падения напряжения под нагрузкой, тогда как при меньших токах приоритет отдается бесконтактной тер-

мометрии с помощью тепловизоров и пирометров. Как правило, выполнение глубоких диагностических процедур и нормативных испытаний целесообразно синхронизировать по времени с плановыми ремонтными кампаниями. А вот рутинный эксплуатационный контроль реализуется иначе – через практику регулярных визуальных обходов оборудования.

Сама периодичность таких осмотров строго диктуется требованиями ПТЭ. Если на энергообъекте предусмотрено дежурство оперативного персонала, обходы должны проводиться ежесуточно. Для подстанций без постоянного присутствия людей регламент заметно мягче: проверки организуют не реже одного раза в месяц, а для закрытых ТП и РП допускается увеличение этого интервала вплоть до полугода. Отдельного внимания заслуживают ночные осмотры (они нужны минимум раз в месяц специально для визуальной фиксации коронирования или свечения изоляции). Кроме того, эксплуатационная практика предполагает обязательные внеплановые выезды. Их инициируют либо на фоне тяжелых метеоусловий (гололедообразование, густой туман), либо сразу после аварийного срабатывания релейной защиты при КЗ.

Что конкретно оценивает специалист в ходе такой ревизии? Фокус внимания распределяется между основным оборудованием и вспомогательной инфраструктурой. Осматриваются маслonaполненные аппараты, проверяется отсутствие трещин и следов поверхностных разрядов на фарфоровых покрышках. Параллельно контролируется общее состояние объекта: от исправности дверных замков, жалюзи вентиляции и целостности контура заземления до элементарной чистоты на территории. Если говорить о коммутационных аппаратах (выключателях и разъединителях), то здесь персонал детально осматривает кинематику приводов, тяги и вводы. При этом для воздушных выключателей принципиально важна исправная работа системы вентиляции внутренних полостей, а для масляных – герметичность уплотнений и функционирование подогрева. Именно такая скрупулезность позволяет вовремя заметить даже незначительные дефекты – будь то нарушение концевой заделки кабеля, перегоревшая лампа или сбой в показаниях щитовых приборов. В конечном итоге, все это напрямую влияет на надежность распределительной сети.

## **Ремонты оборудования распределительных устройств**

Изначально периодичность вывода оборудования распределительных устройств в ремонт диктуется исключительно заводской документацией. Однако на практике этот график не является абсолютно жестким. Технические руководители имеют полное право корректировать сроки средних ремонтов, опираясь на реальный опыт эксплуатации (причем для системных линий такие решения принимаются на уровне регионального управления, а для прочих присоединений – на местном). Но здесь есть строгое правило: как только коммутационный или механический ресурс аппарата исчерпан, средний ремонт проводится незамедлительно, и фактическое время нахождения в работе уже не играет никакой роли.

Сам по себе капитальный ремонт подстанций и РУ – это всегда комплексная кампания. Бригады выполняют всё: от черновой очистки помещений и маслоприемников до детальной проверки контуров заземления, регулировки кинематики приводов и финального испытания изоляции повышенным напряжением.

Объем работ по коммутационным аппаратам сильно зависит от их конструктивного исполнения. Современная элегазовая и вакуумная техника весьма неприхотлива, поэтому требует капитального вмешательства примерно раз в десять лет. С масляными выключателями ситуация иная, их приходится обслуживать гораздо чаще и тщательнее. При текущем ремонте персонал обычно обходится без вскрытия: достаточно отмыть изоляторы, устранить мелкие течи масла и проверить вторичные цепи. Зато капитальный ремонт подразумевает полную разборку аппарата со сливом масла. Специалисты восстанавливают элементы дугогасительных камер и внутреннюю изоляцию баков, а при последующей наладке контролируют не только электрическое сопротивление. Жесткой проверке подвергается механика выключателя: измеряются временные характеристики хода подвижных частей, контролируется глубина вжима контактов и надежность срабатывания механизма свободного расцепления.

При ревизии выключателей нагрузки главное внимание уделяется дугогасительным камерам и тому, насколько правильно настроена очередность замыкания главных и вспомогательных контактов. У разъединителей же на первый план выходит кинематика. Регулировка должна гарантировать, что ножи входят в неподвижные губки строго

одновременно, без перекосов и опасных механических ударов по фарфоровым изоляторам.

Завершаются работы обязательными электрическими измерениями, при этом к разным элементам применяется разный подход. Состояние изолирующих тяг и поводков оценивают мегаомметром на 2,5 кВ, а вот вторичные цепи и катушки управления проверяют приборами с напряжением 500 или 1000 В. Кроме того, для любых аппаратов, рассчитанных на токи от 600 А и выше, вводится дополнительное обязательное условие – измерение переходного сопротивления токоведущего контура постоянному току.

### **5.3.3. Эксплуатация воздушных линий электропередачи**

Регулярное проведение ремонтных работ и циклов технического сервиса является обязательным условием, гарантирующим стабильность и надежность функционирования воздушных линий электропередачи в течение всего периода их эксплуатации.

#### **Техническое обслуживание ВЛ**

Техническое обслуживание воздушных линий электропередачи направлено на сохранение их работоспособности и предупреждение преждевременного износа конструктивных элементов. Эта задача решается за счёт своевременного выявления и устранения повреждений, дефектов и неисправностей, обнаруживаемых в ходе осмотров, измерений и проверок.

Контроль состояния воздушных линий организуется в двух основных формах: плановой и внеплановой. Периодические осмотры проводятся по графику, утверждаемому техническим руководителем организации, эксплуатирующей электрические сети. Каждая воздушная линия должна осматриваться по всей длине не реже одного раза в год. Помимо этого, инженерно-технический персонал обязан ежегодно выполнять выборочные осмотры отдельных линий либо их участков, а линии, намеченные к капитальному ремонту, подлежат полному осмотру.

Для линий напряжением 35 кВ и выше дополнительно предусматриваются верховые осмотры с выборочной проверкой проводов и тросов в зажимах и дистанционных распорках. На участках со сроком

службы 20 лет и более, в районах интенсивного загрязнения и на открытой местности такие осмотры выполняются не реже одного раза в шесть лет. Для остальных линий указанного класса напряжения этот срок составляет не более двенадцати лет. На линиях напряжением 0,38–20 кВ верховые осмотры проводят по мере необходимости.

Внеочередной осмотр назначается при возникновении условий, способных вызвать повреждение линии или ухудшение её технического состояния. К таким случаям относятся образование гололёда на проводах и тросах, пляска проводов, ледоход, разлив рек, лесные и степные пожары, стихийные бедствия, а также автоматическое отключение линии действием релейной защиты. Задачей такого осмотра является установление причин отключения, определение объёма возможного ремонта и выявление повреждений, вызванных воздействием внешних факторов.

Осмотр воздушной линии выполняется не только для общей оценки состояния трассы, но и для визуального обнаружения конкретных неисправностей. При обследовании опор проверяют их положение в продольном и поперечном направлениях, состояние грунта у основания, наличие или отсутствие трещин в сварных швах, деформаций металлических деталей, качество окраски, отсутствие зазора между башмаком металлической опоры и фундаментом. Для деревянных опор оценивают наличие загнивания и механических повреждений, для железобетонных – наличие трещин и ширину их раскрытия. Дополнительно контролируют наличие номеров опор, обозначений линий, предупредительных плакатов и отсутствие посторонних предметов на конструкциях. Железобетонные опоры линий напряжением 6–35 кВ требуют особого внимания, поскольку в течение длительного времени могут находиться под фазным напряжением.

Состояние проводов и тросов оценивают по наличию оборванных и перегоревших жил, следов оплавления, посторонних набросов, повреждений креплений и коррозии. Для изоляторов обязательны чистота поверхности, отсутствие сколов, трещин и следов оплавления. В местах крепления проводов к изоляторам не должно быть их проскальзывания. При проверке линейной арматуры оценивают в первую очередь степень коррозионного поражения.

Отдельным направлением контроля является проверка заземляющих устройств и средств защиты от атмосферных перенапряжений.

При этом оценивают состояние заземляющих спусков на деревянных опорах, наличие их соединения с контуром заземления, исправность указателей срабатывания трубчатых разрядников, правильность расположения разрядников, надёжность их крепления и соответствие величины внешнего искрового промежутка установленным требованиям.

Параллельно с обследованием самих элементов линии контролируется состояние трассы. Проверяют наличие под проводами древесно-кустарниковой растительности и её высоту, наличие в охранной зоне не предусмотренных проектом зданий и сооружений, складирования материалов, а также проведение строительных и земляных работ без согласования с сетевой организацией.

На воздушных линиях должны систематически выполняться проверки и измерения, состав которых определяется требованиями ПТЭ. В ходе эксплуатации контролируют состояние трассы, а при необходимости измеряют расстояния от проводов до растительности. Загнивание деталей деревянных опор проверяют через 3–6 лет после ввода линии в работу, затем не реже одного раза в три года, а также перед подъёмом на опору и заменой деталей. Состояние изоляторов и линейной арматуры оценивают визуально при осмотрах, а электрическую прочность подвесных тарельчатых фарфоровых изоляторов проверяют в установленные сроки: первый раз через 1–2 года после ввода линии в эксплуатацию, второй – через 6–10 лет, далее – с периодичностью, определяемой типовой инструкцией с учётом условий работы и уровня отбраковки.

В рамках эксплуатационного контроля также проверяют состояние опор, проводов и тросов, болтовых соединений проводов на линиях 35 кВ и выше, бандажей, анкерных болтов и фундаментов. Электрические измерения болтовых соединений выполняют не реже одного раза в шесть лет; неудовлетворительные соединения вскрывают, ремонтируют или заменяют. С такой же периодичностью выполняют проверку железобетонных опор и приставок, состояния антикоррозионного покрытия металлических опор, траверс, подножников и анкерных оттяжек, а также контролируют тяжение в оттяжках.

Особое значение имеет измерение сопротивления заземления опор и повторных заземлений нулевого провода. На линиях напряжением 35 кВ и выше такие измерения проводят не реже одного раза в шесть лет на опорах с разъединителями, защитными промежутками,

трубчатými и вентильными разрядниками. На 2 % железобетонных и металлических опор, расположенных в населённой местности или на участках с наиболее неблагоприятными грунтовыми условиями, контроль выполняют не реже одного раза в двенадцать лет. Для линий напряжением до 1000 В при вводе в эксплуатацию измеряют сопротивление петли фаза–ноль; в дальнейшем такие измерения повторяют при присоединении новых потребителей и после выполнения работ, влияющих на величину этого сопротивления.

При осмотрах линий дополнительно контролируют расстояния от проводов до поверхности земли, различных объектов и пересекаемых сооружений. Все неисправности, выявленные как при осмотрах, так и при выполнении измерений и испытаний, подлежат обязательной фиксации в эксплуатационной документации. Устранение обнаруженных дефектов должно выполняться в возможно короткие сроки – либо в процессе текущего технического обслуживания, либо в составе капитального ремонта, в зависимости от характера и степени опасности повреждения.

### **Ремонты воздушных линий электропередачи**

Решение о проведении капитального обновления сетевой инфраструктуры принимает техническое руководство предприятия, при этом периодичность работ напрямую зависит от материала опор: деревянные конструкции требуют вмешательства раз в 6 лет, а металлические и железобетонные – раз в 12 лет. Фундаментальной задачей здесь является не просто ремонт, а возврат линии к проектным характеристикам или их улучшение путем интеграции более современных и надежных компонентов. Существует жесткое ограничение на масштабную реконструкцию: в рамках одного цикла запрещается заменять более 30 % от общего числа опорных конструкций.

Технологический цикл охватывает все элементы системы, включая восстановление проводов, замену линейной арматуры, изоляторов и разрядников. В перечень обязательных мероприятий также входят физическая выправка и окраска опор, обслуживание заземляющих устройств и прецизионная регулировка стрел провеса проводов и тросов. Завершающим этапом, обеспечивающим безопасную эксплуатацию, становится полная расчистка охранной зоны линии от раститель-

ности. Все перечисленные действия регламентируются типовыми отраслевыми инструкциями и направлены на комплексное повышение эксплуатационных свойств всей трассы.

### **Организация технического обслуживания и ремонтов воздушных линий электропередачи**

Организация технического обслуживания и ремонта воздушных линий должна строиться так, чтобы весь необходимый объем работ выполнялся в рамках единого комплекса с минимально возможной продолжительностью отключения линии. На практике это означает, что на заранее выделенном участке сети, включающем линии высокого и низкого напряжения, а также трансформаторные подстанции, ремонтные операции целесообразно объединять и выполнять за одно или два отключения. При таком подходе одновременно привлекаются нужный персонал, транспорт и механизмы, что позволяет сократить число отключений, уменьшить их длительность и повысить общую производительность ремонтных работ.

В зависимости от условий выполнения ремонт воздушных линий может осуществляться в разных режимах: с полным отключением линии, пофазно, то есть с выводом из работы только одной фазы, либо без снятия напряжения.

К работам под напряжением относят такие виды работ, при которых работник непосредственно взаимодействует с токоведущими частями линии или приближается к ним на недопустимо малое расстояние. К этой категории относятся случаи непосредственного касания токоведущих элементов телом или инструментом, приближения к частям, находящимся под напряжением, ближе расстояния, установленного требованиями безопасности, а также выполнение операций из-под потенциала земли с использованием изолирующего инструмента при контакте с токоведущими частями.

На воздушных линиях напряжением до 35 кВ применяют две основные схемы выполнения работ под напряжением. Их различие определяется положением работающего относительно земли и провода, находящегося под напряжением.

Первая схема основана на последовательности «провод под напряжением – изоляция – человек – земля». В этом случае контакт с проводом осуществляется через изолирующие средства, например при

помощи диэлектрических перчаток, инструмента с изолированными рукоятками или изолирующих штанг.

Вторая схема описывается последовательностью «провод – человек – изоляция – земля». При данной технологии выполнения работ работник вступает в непосредственный контакт с токоведущим проводом, находящимся под напряжением, при этом электрическое отделение от земли обеспечивается изоляционными средствами, расположенными между работающим и землёй.

#### **5.3.4. Эксплуатация силовых кабельных линий**

Практика показывает, что надежность эксплуатации силовых кабельных линий (КЛ) определяется, прежде всего, уровнем организации их технического надзора и качеством проведения ремонтных кампаний. На всех этапах жизненного цикла таких сетей жесткая дисциплина в части выполнения планово-предупредительных мероприятий выступает главной гарантией их долговечности и способности нести заданные нагрузки. Проще говоря, только комплексный и методично выстроенный подход к обслуживанию всего кабельного хозяйства позволяет исключить внезапные аварии и обеспечить конечным потребителям по-настоящему бесперебойное электроснабжение.

##### **Техническое обслуживание кабельных линий**

При вводе в эксплуатацию любой новой кабельной линии (КЛ) первоочередной задачей становится расчет ее предельной токовой нагрузки. Причем в эксплуатационной практике действует жесткое правило: ориентироваться необходимо исключительно на те участки трассы, где условия теплоотвода заведомо наихудшие. Если длина такого проблемного сегмента превышает 10 метров, именно он будет лимитировать пропускную способность всей магистрали. Пересмотреть этот токовый лимит в сторону увеличения допускается, но только на основании протоколов реальных тепловых испытаний, которые документально подтвердят, что фактическая температура нагрева жил остается в пределах допустимых по ГОСТу норм.

В целом, требования ПТЭ трактуют обслуживание кабельного хозяйства как непрерывный процесс. Сюда входит и технический надзор за прокладкой новых сетей, и постоянный температурный контроль в кабельных сооружениях (коллекторах, туннелях, шахтах). В

летние месяцы на первый план выходит работа систем вентиляции – перепад температур между внутренним пространством каналов и наружным воздухом не должен выходить за установленные рамки. Для участков с химически агрессивным грунтом или в зонах влияния электрифицированного рельсового транспорта регламент усложняется. Здесь инженерный персонал обязан регулярно измерять величину блуждающих токов, обновлять потенциальные диаграммы и составлять актуальные карты коррозионной опасности. Параллельно ведется строгий надзор за производством любых земляных работ в границах охранной зоны КЛ.

Что касается графика проверок, то помимо периодических замеров нагрузок и плановых обходов ИТР, существуют и внеочередные осмотры. Их организуют сразу после аварийных отключений от релейной защиты, а также после серьезных погодных катаклизмов (проливные дожди, паводки). Если линия считается «проблемной» – то есть проложена в зоне риска постоянных механических повреждений, сильной коррозии или имеет плохую статистику по пробоям, – ее подвергают учащенным профилактическим испытаниям. Важный момент: любой зафиксированный пробой изоляции (как во время испытаний, так и под рабочим напряжением) является прямым основанием для немедленного вывода линии в капитальный ремонт.

Текущее же обслуживание сводится в основном к профилактическим мерам. В их числе – обновление антикоррозийного покрытия на металлоконструкциях, кабельных воронках и участках с неоцинкованной броней. Во время визуальных обходов персонал целенаправленно ищет любые нарушения охранной зоны: от несанкционированных раскопок и самостроения (гаражей) до высадки крупных деревьев или сброса мусора прямо над трассой. В местах сближения с железными дорогами инспекция проверяет сохранность пикетов и предупреждающих знаков, а на склонах оврагов – отсутствие размывов и провалов грунта. Там, где кабель выходит из земли на стены или опоры, оценивается состояние защитных кожухов и соединительных муфт. На подводных переходах обязательным пунктом является ревизия береговых сигнальных знаков.

При осмотре сооружений оценивается внешнее состояние соединительных муфт, отсутствие смещений кабеля и температура его оболочек, что позволяет вовремя заметить превышение расчетных нагрузок. Любые найденные дефекты устраняются либо на месте, либо вносятся в график плановых работ. При проведении раскопок действуют жесткие запреты: использование землеройной техники ближе метра от кабеля запрещено, а ручное рыхление грунта ломami или кирками при нормальной глубине залегания допускается лишь на тридцать сантиметров. Ударные механизмы можно подводить к линии не ближе чем на пять метров. Тип возникшей неисправности – будь то замыкание жил на землю, между собой, обрыв цепи или коварный «заплывающий» пробой в муфтах – устанавливается с помощью мегомметра. Чтобы точно локализовать место аварии, сопротивление в точке дефекта снижают методом прожига током высокой частоты, доводя напряжение пробоя практически до нуля. После этого применяются относительные дистанционные методы для определения примерной зоны повреждения, а затем – абсолютные акустические или индукционные методы для указания точного места раскопок. Для борьбы с разрушением металлических оболочек от коррозии и блуждающих токов, помимо окраски открытых участков, применяются активные методы защиты: электроконденсаторный дренаж, катодная поляризация и протекторные установки.

### **Техническое обслуживание маслонаполненных кабельных линий**

Эксплуатация маслонаполненных кабельных линий требует систематического контроля состояния всей масляной системы. В процессе обслуживания необходимо следить за исправностью маслоподпитывающих устройств, качеством используемого масла, герметичностью контура, исключать проникновение воздуха в кабель и предупредить образование газа, возникающего при разложении масла.

Для каждой маслонаполненной кабельной линии устанавливаются допустимые границы изменения давления масла. Наблюдение за этим параметром ведётся с применением электроконтактных манометров.

Оценка состояния всех элементов линии осуществляется в ходе осмотров. Качество масла определяют по результатам отбора и анализа проб, получаемых из различных элементов кабельной линии. В период

эксплуатации контрольные пробы отбирают через год после ввода линии в работу, затем через три года, а далее – с интервалом один раз в шесть лет.

Выявление утечки масла основано на сопоставлении давления в исправной и повреждённой фазах. Для уточнения места повреждения применяют метод последовательного замораживания средней части секции отключённого кабеля. После замораживания измеряют давление на обоих концах секции. На участке, где имеется утечка, снижение давления происходит быстрее, чем на исправной части. Затем ту же операцию повторяют уже в середине предполагаемо повреждённого отрезка. Последовательное сужение зоны поиска позволяет ограничить длину дефектного участка до 10 – 15 м, после чего его вскрывают и устанавливают место повреждения визуально.

При обслуживании таких линий особое значение имеет предупреждение коррозионного разрушения металлических элементов. Для линий низкого давления это прежде всего оболочки однофазных кабелей, а для линий высокого давления – стальные трубопроводы. С этой целью регулярно отбирают пробы грунта и контролируют непрерывность работы устройств катодной поляризации. Эффективность их действия и правильность режима работы оценивают по значениям защитных потенциалов, измеряемых в контрольных пунктах не реже одного раза в год.

### **Контрольные вопросы**

1. От каких факторов зависит температурный режим работы трансформатора?
2. Какие разновидности систем охлаждения используются в трансформаторах?
3. Как трактуется понятие старения диэлектрика?
4. Какие мероприятия включает техническое обслуживание трансформаторов?
5. Какие параметры и элементы контролируются при осмотре трансформатора?
6. Каково содержание текущего и капитального ремонта трансформаторов?
7. Какие виды измерений и испытаний выполняются на трансформаторах?

8. Как организуется проверка качества трансформаторного масла?
9. Какие работы входят в состав технического обслуживания оборудования распределительных устройств?
10. Какие виды ремонтных работ выполняют на оборудовании распределительных устройств?
11. Каким образом осуществляется осмотр оборудования распределительных устройств?
12. Какие операции входят в испытание масляных выключателей?
13. Какие основные мероприятия включает техническое обслуживание воздушных линий электропередачи?
14. Что предусматривает осмотр воздушных линий?
15. Какие виды ремонтных работ выполняются на воздушных линиях электропередачи?
16. Какие проверки и измерения выполняют на воздушных линиях?
17. Какие мероприятия относятся к техническому обслуживанию кабельных линий?
18. В каких вариантах может выполняться ремонт воздушных линий – с отключением линии и без снятия напряжения?
19. Что включает в себя осмотр кабельных линий?
20. Какие повреждения могут возникать в кабельных линиях?
21. Какие способы используются для определения зоны повреждения кабельной линии?
22. Что понимают под «заплывающим» пробоем изоляции?

## **5.4. Эксплуатация распределительных сетей**

### **5.4.1. Функции предприятия, эксплуатирующего распределительные сети**

Обеспечение работоспособности распределительных сетей традиционно выступает фундаментальной задачей любой профильной электросетевой организации. На практике алгоритм эксплуатации выстраивается таким образом, чтобы закрыть сразу несколько целевых показателей. В первую очередь речь идет о бесперебойном снабжении абонентов (с жестким учетом их категорий надежности) и выдерживании нормативных параметров качества передаваемой электроэнергии.

Параллельно сетевая инфраструктура должна сохранять резерв для технологического присоединения новых мощностей, а перед руководством всегда стоит задача по минимизации издержек – особенно в части снижения технологических потерь при транзите.

Для того чтобы система функционировала в заданных рамках, на эксплуатирующее предприятие возлагается обширный комплекс практических обязанностей. Базовый уровень работы сводится к поддержанию всего электрооборудования в нормативном состоянии, что позволяет действовать на опережение и избегать внезапных погашений потребителей. Если же в сети возникают технологические нарушения, дежурный и ремонтный персонал обязан ликвидировать их в максимально сжатые сроки.

Однако реальный функционал сетевиков не ограничивается исключительно надзором и ремонтами. Предприятие выступает ключевым участником процессов развития и застройки энергоузлов: профильные службы занимаются подготовкой и выдачей технических условий (ТУ), осуществляют жесткий контроль за ходом строительно-монтажных работ на новых объектах, а также предоставляют абонентам весь спектр сопутствующих услуг в рамках своей юридической компетенции.

Практическое выполнение эксплуатационных и ремонтных мероприятий возлагается на ремонтный персонал. В его составе выделяют две основные организационные формы. К первой относятся местные ремонтные бригады, выполняющие стандартные ремонтные работы на закреплённых объектах. Ко второй относятся бригады централизованного ремонта, действующие как мобильные подразделения и привлекаемые к работам, требующим использования специальных механизмов и более высокой квалификации работников.

Работы в электрических сетях характеризуются повышенной опасностью, причём во многих случаях источник опасности невозможно определить визуально. По этой причине в ситуациях, которые в соответствии с действующими правилами относятся к сложным, подготовка рабочих мест и допуск к выполнению работ в электроустановках возлагаются на оперативный персонал, имеющий специальную профессиональную подготовку.

Оперативный персонал выполняет две основные функции: подготавливает рабочие места для ремонтно-эксплуатационного персонала с

последующим восстановлением схемы сети после окончания работ, а также устраняет повреждения и обеспечивает восстановление электропитания потребителей.

#### **5.4.2. Оперативная подготовка ремонтных работ**

Все мероприятия по восстановлению сетевых объектов проходят стадию заблаговременного планирования и согласования. Чтобы ремонтные подразделения могли приступить к выполнению своих задач, в схеме электропитания производятся необходимые оперативные переключения, санкционируемые через систему заявок, которые должны быть поданы как минимум за сутки до планируемого старта работ. На наиболее значимых узловых подстанциях, от которых напрямую зависит устойчивость всей энергосистемы, подготовкой оборудования и организацией безопасных условий труда занимается штатный дежурный персонал. В то же время на объектах, работающих в автоматическом режиме без постоянного присутствия людей, эти функции возлагаются на выездные оперативные бригады, прибывающие к месту специально для допуска ремонтников. Крайне важно, чтобы все этапы подготовки рабочих мест были полностью завершены точно к моменту приезда основных рабочих сил, поскольку любые задержки на этой стадии оборачиваются для предприятия дополнительными финансовыми убытками. Необходимо понимать, что вывод любого сетевого компонента в ремонт неизбежно влечет за собой либо временное прекращение подачи энергии потребителям, либо общее ослабление надежности схемы из-за изменения ее конфигурации. В силу этих обстоятельств, как только технические операции заканчиваются, элементы сети должны быть незамедлительно возвращены в нормальную эксплуатацию силами того же оперативного персонала, который обеспечивал их первоначальный вывод из работы.

#### **5.4.3. Организация ремонта распределительных сетей**

Эксплуатационный цикл в электрических сетях разделяется на профилактическую подготовку и непосредственное выполнение ремонтов, причем часть предупредительных мер реализуется еще до начала основных работ. Вся эта деятельность подчинена многолетнему

графику комплексной эксплуатации, который на протяжении нескольких лет координирует обслуживание высоковольтных и низковольтных линий, а также подстанций. Данный документ охватывает полный спектр задач, предусмотренных правилами технической эксплуатации, включая инструментальную проверку деревянных опор на гниение, поиск дефектов в железобетоне, ревизию разъединителей, контроль параметров нагрузки и напряжения, а также расчистку трасс и проведение капитальных ремонтов. Для обеспечения качества на предприятии разрабатываются и утверждаются техническим руководителем типовые технологические карты на все ключевые виды работ. В таких картах аккумулируются данные о составе бригад, требованиях безопасности, необходимых материалах, запчастях и инструментах, а также фиксируются нормы времени и точная последовательность операций. Кроме того, документация содержит технические указания с нормативными значениями параметров, которые подлежат контролю как в процессе ремонта, так и при итоговой приемке оборудования, как это показано в примере для разъединителя РНДЗ-1 10/630-1000У1. Повышение надежности системы наиболее эффективно достигается через организацию комплексных ремонтов, когда на конкретном сегменте сети весь объем работ выполняется за одно или два согласованных отключения. Привлечение значительных сил, механизмов и транспорта в рамках единого окна позволяет не только сократить длительность перерывов в энергоснабжении, но и существенно поднять производительность труда при снижении логистических затрат. Подготовка таких процессов опирается на рациональный документооборот, упрощающий все предварительные этапы. Наглядным инструментом здесь служит представленный на рис. 3 сетевой график, который через систему определенных работ и событий позволяет четко структурировать и визуализировать всю логику предстоящего ремонтного процесса.

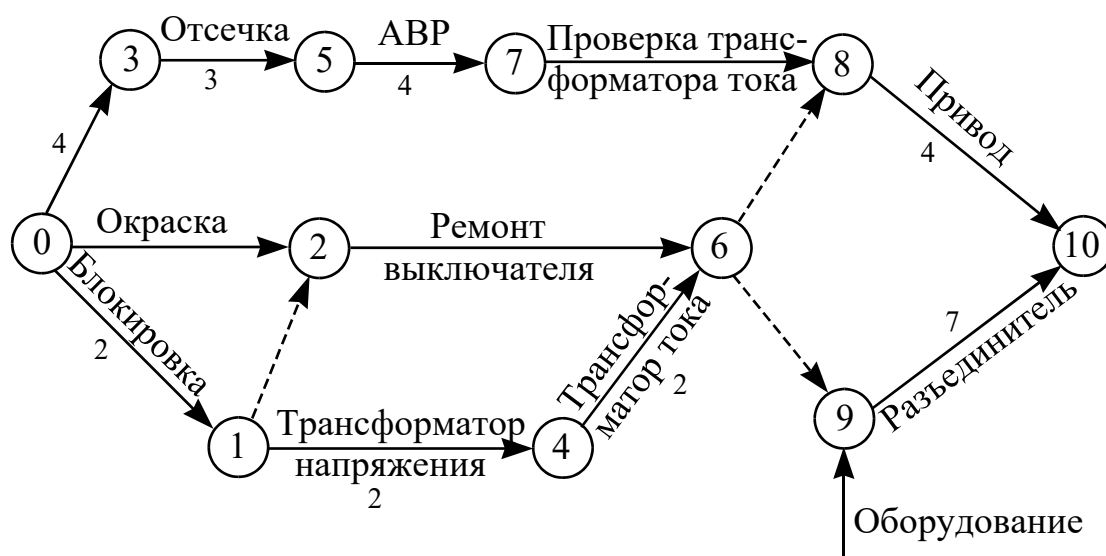


Рис. 3. Сетевой график ремонта присоединения

В сетевом графике основными элементами являются события, работы и технологические связи между ними. Событие обозначается кружком с номером и используется для фиксации момента завершения определённого этапа работ. Само по себе событие не связано с расходом времени, трудовых затрат или ресурсов. В графике обязательно выделяются начальное и конечное события: исходное событие не имеет входящих работ, а завершающее не имеет продолжения в виде последующих операций. Все промежуточные события одновременно отражают окончание предшествующей работы и служат отправной точкой для следующей. Их нумерация строится в направлении последовательного развития процесса.

Работа в сетевом графике понимается как процесс, выполнение которого требует затрат времени, труда и ресурсов. К таким затратам относится не только непосредственное выполнение операции, но и технологическое ожидание, например время, необходимое для схватывания бетона, сушки или иных обязательных перерывов. На графике работы показываются стрелками, соединяющими события. Над каждой стрелкой указывают наименование элемента, на котором выполняется ремонт, и продолжительность работы в часах.

Помимо обычных работ, между событиями могут устанавливаться связи, не сопровождающиеся непосредственным выполнением операции. Такие зависимости отображают технологическую обусловленность последовательности действий и обозначаются пунктирными

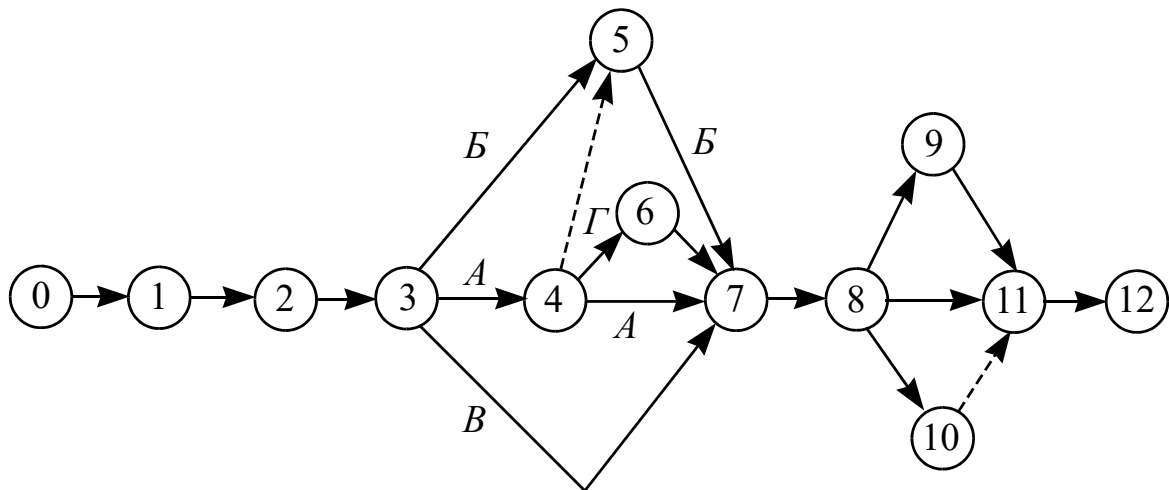
стрелками. Их наличие означает, что начало очередной операции возможно только после завершения предыдущей, например после освобождения специализированной бригады. Аналогичным образом в график могут включаться поставки оборудования, которые также изображаются стрелками, входящими в соответствующие события.

Корректно составленный сетевой график не должен содержать тупиковых событий, после которых не следует ни одной работы, если речь не идёт о завершающем событии. Недопустимо также наличие событий без входящих работ, кроме исходного. Появление подобных элементов указывает на ошибку построения графика и требует её устранения.

При разработке сетевого графика определяется, какие работы могут выполняться параллельно различными бригадами. Продолжительность выполнения этих работ в значительной степени зависит от численности работников, которую стремятся подобрать так, чтобы избежать простоев. Особое значение имеет цепочка последовательно связанных работ, суммарная продолжительность которых определяет общий срок завершения ремонта. Такая последовательность называется критическим путём. Для практического использования сетевой график дополняют перечнем работ и временным графиком отключения оборудования. Это позволяет упорядочить проведение ремонта и заранее оценивать влияние отклонений фактического хода работ от запланированного.

Так, на рис. 3 ремонт выключателя, обозначенный как операция (2–6), может начаться только после завершения ремонта блокировки (0–1). Проверка цепей управления и привода (8–9) возможна лишь после окончания ремонта выключателя. Замена разъединителя также не может быть начата до поступления оборудования, которое на графике показано стрелкой, входящей в событие (9).

Типовая структура организации комплексного восстановления воздушных электросетей при участии нескольких специализированных подразделений наглядно отображается сетевым графиком, пример которого представлен на рис. 4.



*Рис. 4. Пример упрощенного сетевого графика ремонта воздушных линий*

Весь процесс инициируется предварительным этапом составления дефектных актов на отрезке между событиями 0 и 1, за которым следует фаза логистической подготовки 1–2, включающая своевременную транспортировку стоек, пасынков и прочих необходимых комплектующих непосредственно на трассу. Активная стадия ремонта стартует с момента обесточивания линии и организации безопасных рабочих мест на этапе 2–3, где одновременно задействуются четыре ремонтные группы.

Организация ремонтной кампании предполагает разделение фронта работ между четырьмя специализированными звеньями. Так, персонал бригады «А» занят непосредственно несущими конструкциями: на временных этапах 3–4 и 4–7 электромонтеры выполняют выправку геометрии опор, меняют отбракованные стойки с приставками и траверсы, а также монтируют обновленные коммутационные аппараты. Синхронно с ними по трассе продвигается бригада «Б». В их ведении (интервалы 3–5 и 5–7) находятся те опоры, которые решено оставить в эксплуатации. Специалисты проводят верховой осмотр, дефектуют изоляторы и проверяют узлы крепления. При обнаружении проблем они тут же перетягивают провода, настраивают или полностью меняют приводные механизмы аппаратуры.

На бригаду «В» (отрезок 3–7) возлагается ревизия защитных автоматов, разъединителей и предохранителей на неремонтируемых конструкциях, параллельно с этим проводятся инструментальные замеры заземляющих контуров. Самый ресурсоемкий блок – физическая замена или восстановление токоведущих проводов – поручается звену «Г» (этап 4–6). После успешного завершения всех перечисленных операций линия ставится под рабочее напряжение (этап 7–8).

Примечательно, что значительный объем вспомогательных процедур можно выполнять уже на включенной ВЛ. К таким работам относятся: бандажирование деревянных деталей для их дополнительной пропитки (8–9), уборка и вывоз демонтированного лома (8–10), ремонт заземлителей (8–11) и восстановление железобетонных пасынков (этап 9–11). Ремонт официально считается закрытым на этапе 11–12, когда оформляются все бумаги и подписывается итоговый акт приемки.

Если анализировать сетевой график, то на интервале 2–8 критический путь способен сместиться на маршрут абсолютно любой из четырех бригад. Именно поэтому для сокращения времени погашения линии от руководства требуется грамотное маневрирование ресурсами: нужно уметь оперативно перебрасывать спецтехнику, жестко координировать действия персонала и корректировать расстановку сил прямо на месте, гибко реагируя на любые сюрпризы в ходе ремонта.

#### **5.4.4. Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ**

Согласно действующим нормативам, безопасность любого вмешательства в работу электроустановок базируется на строгом выполнении комплекса организационных мероприятий. По сути, речь идет о жесткой дисциплине документального оформления и контроля. Ни одна технологическая задача не может выполняться без основания: работы проводятся либо по наряду-допуску, либо по целевому распоряжению, либо опираются на заранее утвержденный перечень для текущей эксплуатации.

Сам производственный цикл обязательно включает в себя процедуру первичного допуска ремонтников на подготовленное рабочее место и организацию непрерывного надзора за их действиями. Кроме того, регламент требует документально фиксировать любые изменения в ходе ремонта: технологические перерывы, переводы бригады на смежные участки и полное окончание работ.

При этом правила исключают размытие ответственности в случае нештатных ситуаций – она всегда строго персонифицирована. За жизнь и здоровье людей отвечает конкретная иерархическая цепочка. В нее входят: сотрудник, выдавший наряд (или отдавший распоряжение), ответственный руководитель, допускающий из числа оперативного персонала, непосредственный производитель работ, наблюдающий, ну и, разумеется, каждый электромонтер в составе бригады отвечает за собственные действия. На человеке, который подписывает разрешительный документ, лежит обязанность по оценке возможности и целесообразности безопасного проведения работ. Он персонально отвечает за полноту прописанных защитных мер, правильный подбор количественного и квалификационного состава команды, назначение ответственных за безопасность и за то, чтобы группы по электробезопасности всех участников строго соответствовали характеру стоящих перед ними задач. Как правило, такие полномочия закрепляются за административно-техническим персоналом, имеющим пятую группу в установках выше тысячи вольт или четвертую группу в сетях до тысячи вольт. В случаях, когда требуется срочно ликвидировать последствия аварии или предотвратить ее возникновение, а уполномоченные лица отсутствуют, право выдачи документов может быть временно передано оперативному персоналу с четвертой группой на основании письменного указания главы организации.

Статус ответственного руководителя работ обычно вводится при операциях в электроустановках напряжением более тысячи вольт, и на эту роль подбираются специалисты из административно-технического состава, обладающие пятой группой допуска. Данное лицо контролирует фактическую реализацию и достаточность всех мер безопасности,

указанных в наряде, берет на себя ответственность за любые дополнительные защитные действия и гарантирует полноту целевого инструктажа, объединяя под своим надзором пояснения, которые дают допускающий и производитель работ. Присутствие ответственного руководителя становится обязательным условием в ряде случаев: при использовании грузоподъемных машин и механизмов, а также при операциях с полным или частичным отключением оборудования, за исключением работ в установках с простой и наглядной схемой соединений или на двигателях в распределительных устройствах. Аналогичные требования жестко действуют при выполнении задач на кабельных линиях в зонах с интенсивным трафиком или обилием сторонних коммуникаций, при любых манипуляциях по монтажу, демонтажу или ремонту опор воздушных линий, а также при работах в местах, где ЛЭП пересекаются с другими линиями, транспортными магистралями или проходят в пролетах пересечения проводов на открытых распределительных устройствах:

- с применением механизмов и грузоподъемных машин;
- с отключением электрооборудования, за исключением работ в электроустановках, где напряжение снято со всех токоведущих частей, в электроустановках с простой и наглядной схемой электрических соединений, на электродвигателях и их присоединениях в РУ;
- на кабельных линиях и кабельных линиях связи в зонах расположения коммуникаций и интенсивного движения транспорта;
- по установке и демонтажу опор всех типов, а также замене элементов опор воздушных линий;
- в местах пересечения воздушных линий с другими воздушными линиями и транспортными магистралями, а также в пролётах пересечения проводов в ОРУ;
- при подключении вновь построенной воздушной линии;
- при изменении схем присоединения проводов и тросов воздушной линии;
- на отключённой цепи многоцепной воздушной линии при расположении цепей одна над другой либо при числе цепей более двух, если одна

или все остальные цепи остаются под напряжением;

- при одновременной работе двух и более бригад;
- при пофазном ремонте воздушной линии;
- под наведённым напряжением;
- без снятия напряжения на токоведущих частях с изоляцией человека от земли;
- на оборудовании и устройствах СДТУ при устройстве мачтовых переходов, испытании КЛС, работах с аппаратурой НУП (НПП), а также на фильтрах присоединений без включения заземляющего ножа конденсатора связи.

Необходимость назначения ответственного руководителя работ определяет лицо, выдающее наряд. Ему также предоставляется право назначать ответственного руководителя и при выполнении иных работ, помимо перечисленных.

Допускающий отвечает за правильность и достаточность принятых мер безопасности и их соответствие мерам, указанным в наряде, характеру и месту выполнения работы, за правильный допуск бригады к работе, а также за полноту и качество проводимого им инструктажа членов бригады.

Допускающие назначаются из числа оперативного персонала, за исключением допуска на воздушные линии при соблюдении установленных условий. В электроустановках напряжением выше 1000 В допускающий должен иметь группу IV, а в электроустановках до 1000 В – группу III.

Статус допускающего может быть присвоен сотруднику, который на основании распоряжения руководителя предприятия получил официальное право на выполнение оперативных переключений. На плечи производителя работ ложится обширный перечень обязанностей, начиная от обеспечения полного соответствия подготовленного рабочего места всем указаниям, зафиксированным в наряде-допуске, и заканчивая реализацией любых дополнительных мер защиты, продиктованных специфическими условиями труда. Этот специалист отвечает

за доходчивость и исчерпывающий характер инструктажа, проводимого для членов бригады, а также за наличие, исправность и грамотное использование всего необходимого инструментария, инвентаря и средств индивидуальной защиты. Кроме того, производитель работ обязан следить за тем, чтобы на протяжении всего процесса на рабочем месте оставались нетронутыми ограждения, предупреждающие плакаты, заземляющие устройства и блокировки приводов. Его роль подразумевает не только личное соблюдение правил безопасности, но и непрерывный, бдительный контроль за действиями каждого подчиненного, гарантирующий безопасное выполнение всех технологических операций. Что касается квалификационных требований, то при работе по наряду в электроустановках напряжением свыше 1000 В производитель должен обладать IV группой по электробезопасности, а в сетях до 1000 В – как минимум III группой. Тем не менее, существуют особые случаи, требующие повышенной квалификации: IV группа обязательна для работ в подземных сооружениях с риском загазованности, при выполнении манипуляций под напряжением, а также при замене или перетяжке проводов на линиях до 1000 В, если они подвешены на общих опорах с высоковольтными цепями. Если же деятельность осуществляется на основании распоряжения, то производителю достаточно иметь III группу вне зависимости от класса напряжения установки. Для присмотра за теми бригадами, которые не наделены правом самостоятельного выполнения работ, назначается наблюдающий, чья ответственность ограничивается защитой персонала от поражения электрическим током и контролем за сохранностью заземлений, знаков безопасности и ограждений. На эту позицию подбирается работник с группой не ниже III. В то же время за безопасность, непосредственно связанную с технологией и методикой выполнения задачи, отвечает лицо, возглавляющее бригаду; такой руководитель обязан неотлучно находиться на месте производства работ, а его личные данные вносятся в специальную строку наряда, предназначенную для отдельных указаний.

## **Порядок организации работ по наряду**

Оформление наряда осуществляется в установленном числе экземпляров: при обычной выдаче составляют два экземпляра, а если передача производится по телефону или радио, количество экземпляров увеличивается до трёх.

Срок действия наряда ограничен 15 календарными днями, отсчитываемыми с момента начала работ. Его продление допускается только один раз и также не может превышать 15 календарных дней. Если в ходе выполнения работ возникают перерывы, это не влечёт утраты силы ранее выданного наряда.

После полного завершения работ оформленные наряды подлежат хранению в течение 30 суток, после чего могут быть уничтожены. Иной порядок применяется в случаях, когда при выполнении работ произошли аварии, инциденты либо несчастные случаи: тогда соответствующие наряды передаются в архив организации и хранятся вместе с материалами расследования.

Регистрация и учёт всех работ, выполняемых по нарядам, ведутся в специальном журнале учёта работ по нарядам и распоряжениям.

В ряде случаев допускается оформление одного наряда сразу на несколько объектов. Так, в электроустановках напряжением выше 1000 В при снятом напряжении со всех токоведущих частей, включая вводы воздушных и кабельных линий, а также при закрытом доступе в соседние электроустановки, разрешается выдавать один наряд на все присоединения одновременно, даже если сборки и щиты до 1000 В остаются под напряжением. Аналогичный подход допускается и в электроустановках напряжением до 1000 В: при полном снятии напряжения со всех токоведущих частей один наряд может оформляться сразу на сборные шины распределительных устройств, распределительные щиты, сборки и все их присоединения.

Особый порядок применяется и при выводе в ремонт крупных агрегатов и технологических установок. Для котлов, турбин, генераторов, систем золоудаления, сетевых подогревателей, дробильных систем и аналогичных объектов допускается оформление одного наряда на все

либо часть электродвигателей соответствующего агрегата или установки, а также отдельного одного наряда на работы в распределительных устройствах по присоединениям, питающим эти электродвигатели.

Обязательным условием начала работ является предварительная подготовка всех рабочих мест до момента выдачи наряда. До полного завершения всех работ, выполняемых по наряду, запрещается осуществлять подготовку к включению любого присоединения, в том числе проводить опробование электродвигателей.

### **Организация работ по распоряжению**

Выполнение работ по распоряжению допускается только в пределах одной рабочей смены, поскольку такой вид организационного оформления имеет разовый характер. Если работа не завершена в течение дня, изменились условия её выполнения либо был изменён состав исполнителей, дальнейшее проведение работ возможно только после выдачи нового распоряжения. При кратковременной остановке работ в течение смены повторный допуск на рабочее место обеспечивает производитель работ. Оформление допуска по распоряжению обязательно фиксируется в журнале учёта работ по нарядам и распоряжениям. В обычном порядке распоряжение доводится до допускающего и производителя работ, однако на объектах, где отсутствует местный оперативный персонал и не требуется оформление допуска непосредственно на месте, оно может выдаваться непосредственно исполнителю.

В электроустановках выше 1000 В по распоряжению допускается выполнение лишь ограниченного круга неотложных работ. Их продолжительность не должна превышать одного часа, если не учитывать время, затрачиваемое на подготовку рабочего места. Когда продолжительность превышает этот предел либо для выполнения требуется более трёх работников, включая наблюдающего, оформление должно производиться уже по наряду. Обязательным условием остаётся полное выполнение технических мероприятий по подготовке рабочего места до начала работ. Квалификационные требования также установлены заранее: старший из числа оперативного персонала, ведущий работу либо наблюдение в электроустановках выше 1000 В, должен

иметь IV группу по электробезопасности, а в установках до 1000 В – III группу. Для членов бригады допускается участие только при наличии не ниже III группы.

Перечень работ, разрешённых по распоряжению, зависит от класса напряжения и характера оборудования. В установках выше 1000 В такой порядок допускается, например, при работах на электродвигателях с отсоединённым, закороченным и заземлённым кабелем, на генераторах, отключённых от шин и кабельных линий, а также на выкатных тележках комплектных распределительных устройств, если шторки отсеков заперты. В установках до 1000 В этот порядок применяется шире, однако из него исключаются работы на сборных шинах распределительных устройств, на присоединениях, через которые возможно подать напряжение на шины, а также работы на воздушных линиях с использованием грузоподъёмных механизмов, включая обслуживание сетей наружного освещения. В помещениях, не относящихся к особо опасным, работник с III группой, имеющий право быть производителем работ, может выполнять работу единолично.

Отдельно регламентируются действия при работе со вторичными цепями и устройствами управления. При монтаже, ремонте и эксплуатации устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи производителю работ с разрешения оперативного персонала допускается самостоятельно производить необходимые коммутации и выполнять опробование устройств с воздействием на включение и отключение выключателей. Помимо этого, одному работнику с III группой в электроустановках выше 1000 В может поручаться ряд вспомогательных операций: содержание территории открытых распределительных устройств, расчистка снега и покос травы, обслуживание проводной связи и осветительной арматуры вне камер распределительных устройств на высоте до 2,5 м, восстановление надписей на оборудовании и ограждениях, наблюдение за сушкой выведенного из работы оборудования, обслуживание маслоочистительных установок и работы на электродвигателях систем охлаждения и компрессорах.

Специальные условия предусмотрены и для уборочных работ, а также для отдельных операций на воздушных линиях. В закрытых распределительных устройствах, где токоведущие части ограждены, уборка допускается одним работником со II группой, на территории открытых распределительных устройств – работником с III группой, а в помещениях с отдельно размещёнными щитами до 1000 В – работником с I группой. На воздушных линиях по распоряжению разрешается выполнять работы на нетоковедущих элементах без снятия напряжения, если они не связаны с опасным приближением к проводам. К таким работам относятся подъём на высоту до 3 м, частичное откапывание стоек опор до глубины 0,5 м и расчистка трассы при отсутствии риска падения деревьев или ветвей на провода. Кроме того, одному работнику со II группой при благоприятных погодных условиях и в светлое время суток разрешается проводить осмотр линии, восстанавливать обозначения на опорах, выполнять угломерные замеры габаритов, противопожарную очистку площадок и окраску элементов опор.

#### **Организация работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации согласно перечню**

Для выполнения небольших по масштабу задач в рамках одной рабочей смены предусмотрен формат текущей эксплуатации, который опирается на заранее составленный и документально зафиксированный перечень работ. Данный документ в обязательном порядке подписывается техническим руководителем или лицом, на которое возложена ответственность за электрохозяйство, после чего он проходит процедуру утверждения у главы организации. Применение такого упрощенного порядка возможно исключительно в электроустановках, где рабочее напряжение не превышает порога в 1000 В, а сами манипуляции должны производиться только оперативным или оперативно-ремонтным персоналом на тех участках и оборудовании, которые закреплены за ними на постоянной основе. В состав мероприятий, допускаемых к реализации в порядке текущей эксплуатации, традиционно включаются операции в установках с односторонним типом питания, а

также процедуры по отсоединению или последующему присоединению кабельных линий и проводов к электродвигателям и прочим силовым агрегатам. Сюда же относится восстановление работоспособности пусковой и коммутационной аппаратуры, такой как магнитные пускатели, рубильники, контакторы и кнопки управления, при условии, что данные устройства смонтированы отдельно и находятся за пределами общих щитов или сборок. Кроме того, персоналу разрешается проводить ремонт индивидуальных электроприемников, включая калориферы и двигатели, заниматься обслуживанием щеточных механизмов электрических машин, а также чинить отдельно стоящие блоки управления и магнитные станции. К перечню разрешенных действий также относятся монтаж и демонтаж приборов учета электроэнергии и других средств измерения. Наконец, в этот список входят рутинные задачи по замене плавких предохранителей, восстановлению осветительных сетей и арматуры, очистке светильников или замене ламп, если они расположены на высоте, не превышающей двух с половиной метров от уровня пола, наряду с прочими аналогичными по сложности операциями.

### **Подготовка рабочего места и первичный допуск бригады к работе по наряду и распоряжению**

Допуск бригады к выполнению работ возможен только после подтверждения того, что рабочее место подготовлено в полном объеме. Эту проверку выполняет допускающий. Для принятия решения он использует несколько источников информации: результаты личного осмотра, сведения из оперативного журнала, данные оперативной схемы, а также сообщения оперативного и оперативно-ремонтного персонала.

Общее правило состоит в том, что оформление допуска по наряду или распоряжению производится непосредственно на месте выполнения работ. Исключение допускается для отдельных случаев работы по распоряжению, когда специальная подготовка рабочего места не требуется. Для воздушных линий, линий связи и кабельных линий такой

порядок допуска на месте выполнения работы не является обязательным.

Перед началом работ допускающий не ограничивается проверкой состояния рабочего места. Он обязан удостовериться, что фактический состав бригады полностью соответствует составу, указанному в наряде или распоряжении. Проверка выполняется по именованным удостоверениям работников. После этого бригаде должно быть наглядно подтверждено отсутствие напряжения. Для этого показывают установленные заземления, а если с рабочего места они не видны, выполняют проверку отсутствия напряжения. В электроустановках напряжением 35 кВ и ниже, если это допускается конструкцией, дополнительно возможно подтверждение путём прикосновения рукой к токоведущим частям.

Обязательным этапом перед началом выполнения работ является целевой инструктаж. Без него допуск не допускается. Смысл этого инструктажа состоит в передаче конкретных указаний по безопасному выполнению именно той работы, которая предстоит бригаде. Инструктаж передаётся последовательно по всей цепочке ответственности – от лица, выдавшего наряд или распоряжение, до непосредственного исполнителя.

При работах по наряду распределение обязанностей по проведению целевого инструктажа строится следующим образом. Лицо, выдавшее наряд, инструктирует ответственного руководителя работ, а если он не назначен – производителя работ либо наблюдающего. Допускающий проводит инструктаж ответственному руководителю, производителю работ, наблюдающему и членам бригады. Ответственный руководитель, в свою очередь, инструктирует производителя работ, наблюдающего и членов бригады. Непосредственно перед выполнением работ производитель работ либо наблюдающий проводит инструктаж исполнителям.

В ходе инструктажа допускающий обязан разъяснить бригаде содержание наряда или распоряжения, обозначить границы рабочего ме-

ста и указать на наличие наведённого напряжения. Кроме того, он должен показать расположенное поблизости оборудование и токоведущие части ремонтируемого и соседних присоединений, приближение к которым запрещено независимо от того, находятся они под напряжением или отключены.

### **Окончание работы, сдача-приемка рабочего места.**

#### **Закрытие наряда, распоряжения**

Как только все запланированные технические операции полностью завершены, на производителя работ или назначенного наблюдателя возлагается прямая обязанность по организованному выводу всей рабочей группы за пределы зоны производства. В этот же момент указанные ответственные лица должны демонтировать все временные барьеры, предупреждающие аншлаги, сигнальные флаги и переносные заземляющие устройства, которые ранее были размещены силами самой бригады для обеспечения безопасности процесса. После того как доступ в электроустановку будет надежно ограничен путем запираания всех дверных конструкций на замки, производитель обязан зафиксировать факт окончательного завершения трудового процесса в наряде-допуске, подтвердив это своей личной подписью. Следующим этапом становится тщательная проверка состояния рабочих зон ответственным руководителем работ, который, убедившись в надлежащем порядке, также проставляет в наряде отметку о полном прекращении всех манипуляций. Получив на руки соответствующим образом оформленный разрешительный документ, допускающий проводит финальный визуальный осмотр мест проведения ремонта или обслуживания, после чего передает официальную информацию вышестоящему оперативному дежурному о готовности объекта к подаче напряжения и возможности его включения в работу. Итоговая фиксация факта завершения всех действий по наряду или официальному распоряжению осуществляется путем внесения записей в соответствующие разделы оперативного журнала, а также в специализированный журнал учета работ по нарядам и распоряжениям, что делается только после фактической верификации чистоты и готовности площадки.

## **Включение электроустановок после полного окончания работ**

Лицо из состава оперативного персонала, наделенное полномочиями по вводу электроустановки в работу после завершения всего цикла технологических операций, обязано перед подачей напряжения лично удостовериться в эксплуатационной готовности объекта. Данная процедура включает в себя обязательную верификацию чистоты зон производства работ, подтверждение отсутствия забытого инструментария или иных посторонних объектов, а также демонтаж всех средств защиты, установленных оперативным звеном на этапе подготовки: временных барьеров, переносных плакатов и заземляющих устройств. Одновременно с этим осуществляется восстановление всех стационарных ограждающих конструкций, предусмотренных нормальным режимом эксплуатации.

В условиях возникновения аварийных ситуаций допускающему или оперативному персоналу предоставляется право на досрочное включение в сеть отремонтированного оборудования или всей установки в целом еще до момента фактического окончания работ и официального возврата наряда производителем. Реализация данного сценария допускается исключительно при условии расстановки на всех рабочих местах специальных постов из числа персонала, в чьи прямые обязанности входит обязательное уведомление производителя и каждого члена бригады о подаче напряжения на объект и категорическом запрете на дальнейшее выполнение любых манипуляций.

## **Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения**

Регламент подготовки рабочего пространства в электроустановках со снятием потенциала обязывает технический персонал к реализации строго детерминированной последовательности защитных действий. Первоочередным этапом является осуществление всех необходимых технологических отключений, дополненных мерами, исключающими несанкционированную или ошибочную подачу напряжения к

зоне производства работ через коммутационные аппараты. Непосредственно на органах управления – рукоятках ручных приводов и ключах дистанционного манипулирования – фиксируются запрещающие плакаты установленного образца. Далее следует обязательная верификация отсутствия потенциала на тех токоведущих элементах, которые в целях обеспечения электробезопасности подлежат последующему соединению с контуром заземления.

Процесс непосредственного заземления реализуется либо путем перевода стационарных заземляющих ножей в рабочее положение, либо посредством монтажа переносных заземляющих устройств в тех точках, где конструктивно не предусмотрены постоянные механизмы. Данная операция сопровождается размещением указательных плакатов «Заземлено». Заключительная стадия включает в себя физическое выделение зон проведения работ и находящихся под напряжением смежных участков с помощью ограждающих конструкций, а также расстановку предписывающих и предупреждающих знаков безопасности в соответствии с утвержденными правилами.

### **Отключения**

Подготовка рабочего места в действующих электроустановках всегда начинается с базового этапа – снятия напряжения. Причем обеспечить нужно не только те токоведущие части, на которых непосредственно запланирован ремонт. Отключению подлежат абсолютно все незаизолированные элементы поблизости, если существует хотя бы малейший риск, что электромонтеры, инструмент или стрелы грузоподъемных машин могут приблизиться к ним на опасное расстояние.

Сама логика защитных мероприятий требует полностью исключить любое случайное или самопроизвольное срабатывание оборудования. Для этого недостаточно просто отключить аппарат – персонал разрывает силовые цепи и цепи оперативного тока, питающие сами приводы. Если техника пневматическая, наглухо перекрываются магистрали подачи сжатого воздуха. В случае с грузовыми или пружин-

ными механизмами коммутационных аппаратов обязательным условием является сброс накопленной механической энергии (снятие завода).

Отдельные и более жесткие требования предъявляются к высоковольтным сетям (свыше 1000 В). Здесь действует строгое правило: со всех сторон, откуда гипотетически может прийти потенциал, должен быть обеспечен четкий, видимый глазом разрыв электрической цепи. На практике эта задача решается разными техническими способами. Чаще всего дежурный персонал оперирует разъединителями, отделителями или выключателями нагрузки. Там, где это предусмотрено конструкцией, просто извлекают предохранители с плавкими вставками. Если же штатные коммутационные аппараты не позволяют создать видимый разрыв, приходится прибегать к прямому физическому вмешательству – отсоединять кабельные наконечники или полностью демонтировать участки ошиновки.

Особое внимание уделяется силовым и измерительным трансформаторам, имеющим гальваническую связь с зоной работ: их схемы подлежат разборке со стороны всех обмоток для предотвращения возникновения опасного напряжения на месте работ вследствие обратной трансформации. После завершения манипуляций с аппаратами ручного управления оперативный персонал обязан визуально верифицировать их фактическое положение и отсутствие шунтирующих связей. Для исключения несанкционированного включения оборудования напряжением свыше 1000 В применяются механические замки на приводах или диэлектрические колпаки на ножах однополюсных разъединителей (для сетей 6–10 кВ). У систем с дистанционным управлением деактивируются силовые и оперативные цепи, а в пневмоприводах блокируются магистрали подачи воздуха с фиксацией спускных клапанов в открытом состоянии. При наличии грузовых или пружинных механизмов аккумулярированная энергия переводится в нерабочее состояние, после чего на всех органах управления размещаются запрещающие плакаты.

В электроустановках низшего класса напряжения (до 1000 В) обесточивание рабочих зон реализуется через отключение аппаратов ручного управления или демонтаж предохранителей. Защита от ошибочной подачи напряжения в таких схемах обеспечивается запираанием рукояток и шкафов, применением изолирующих накладок между контактами или установкой блокирующих кожухов на кнопки управления. При использовании дистанционного управления в обязательном порядке производится физическое размыкание вторичной цепи включающей катушки. Допускается замена указанных мер полной расфиксацией и отсоединением проводов от оборудования или аппаратуры. При любом методе обеспечения разрыва вывешивание запрещающих плакатов во всех точках возможной подачи напряжения остается безальтернативным требованием безопасности.

### **Вывешивание запрещающих плакатов**

Чтобы гарантированно исключить риск случайной или несанкционированной подачи напряжения на подготовленное рабочее место, эксплуатационные инструкции требуют создания надежного визуального барьера. На всех ключах и рукоятках ручных приводов коммутационной аппаратуры (будь то силовые выключатели, отделители или рубильники) в обязательном порядке вывешивается стандартный запрещающий плакат «Не включать! Работают люди». Если схема разбирается однополюсными разъединителями, то такие таблички вешают индивидуально на привод каждой фазы. В ситуациях, когда аппарат управляется не классическим приводом, а обычной оперативной штангой, знак закрепляют прямо на стационарном сетчатом ограждении. Точно такой же принцип предосторожности распространяется на пневматическое оборудование: вентили и задвижки воздухопроводов наглухо перекрываются с вывешиванием плаката «Не открывать! Работают люди».

Своя специфика есть при обслуживании сетей напряжением до 1000 В. Там, где конструкцией распределительного устройства не предусмотрен отдельный коммутационный аппарат, а видимый разрыв создается исключительно за счет извлечения плавких вставок, знак «Не

включать!» размещают непосредственно рядом с их контактными губками. Кроме того, чтобы обезопасить персонал от случайного дистанционного срабатывания механики, запрещающие плакаты жестко дублируются во вторичных цепях. Их вешают на любые кнопки управления (как местного, так и удаленного), ключи на панелях, а также на автоматические выключатели в цепях оперативного тока, питающих сами приводы.

Особый организационный подход применяется при выводе в ремонт линейных объектов – воздушных или кабельных трасс. В таких случаях на рукоятках линейных разъединителей вывешивают уже другой плакат: «Не включать! Работа на линии». В эксплуатационной практике здесь действует жесткое правило: независимо от того, сколько именно независимых ремонтных бригад одновременно трудится на разных участках этой магистрали, знак всегда вешается только в единственном экземпляре. Устанавливать и, что еще важнее, снимать его имеет право исключительно уполномоченный оперативный персонал. Именно этот дежурный сотрудник координирует весь ремонт, ведет строгий учет допущенных бригад и дает команду на снятие плаката лишь после того, как все до единого подразделения отчитаются о полном завершении работ на трассе.

### **Проверка отсутствия напряжения**

На практике факт полного снятия напряжения с токоведущих элементов разрешается подтверждать исключительно штатными указателями напряжения (причем строго заводского изготовления, самодельные аналоги недопустимы). При этом эксплуатационные инструкции обязывают персонал проверять исправность самого прибора непосредственно перед замером. Для этого используются либо специальные портативные источники-тестеры, либо указатель кратковременно подносят к тем участкам схемы, которые гарантированно остаются в работе. Еще одно фундаментальное правило техники безопасности: в сетях классом свыше 1000 В любые действия с измерительным прибором выполняются только с применением диэлектрических перчаток.

Для высоковольтных распределительных устройств (от 35 кВ и выше) нормативная база предусматривает дополнительный, специфический метод проверки. Допускается оценивать состояние схемы путем многократного приближения и касания токоведущих контуров обычной изолирующей штангой. Участок считается надежно обесточенным, если при физическом контакте не наблюдается искрения и полностью отсутствует характерный акустический треск разряда.

Свои нюансы есть и на сверхвысоковольтных воздушных магистралях. Если речь идет об одноцепных линиях классом от 330 кВ, то для констатации отсутствия потенциала вполне достаточно визуального контроля: главным и исчерпывающим признаком здесь служит полное прекращение физического эффекта коронирования вокруг проводов.

Организационный порядок проверки в распределительных устройствах позволяет выполнять процедуру единолично одному сотруднику из состава оперативного персонала, имеющему IV группу по электробезопасности (для установок выше 1000 В) или III группу (для сетей до 1000 В). На воздушных линиях электропередачи данная операция всегда реализуется силами двух работников: в высоковольтных сетях привлекаются специалисты с IV и III группами, а в сетях до 1000 В – два сотрудника с III группой квалификации.

При работе на ВЛ 6 – 20 кВ с опор или телескопических вышек использование указателей, основанных на протекании емкостного тока (кроме импульсных приборов), требует предварительного заземления рабочей части устройства для обеспечения необходимого порога чувствительности. Технологическая последовательность проверки при вертикальном расположении проводов строго регламентирована направлением снизу вверх, начиная с нижнего яруса; при горизонтальной подвеске контроль инициируется с ближайшего к персоналу провода.

В сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью применение двухполюсного указателя или верифицированного вольтметра

подразумевает проверку отсутствия потенциала как в межфазном пространстве, так и в цепи «фаза – заземленный корпус/нулевой защитный проводник». Использование контрольных ламп для определения электрического статуса оборудования категорически запрещено нормами безопасности.

### **Установка заземления**

Как только оперативный персонал достоверно убедился в отсутствии напряжения на отключенном участке, необходимо сразу же приступить к заземлению токоведущих частей. Нормативная документация жестко фиксирует алгоритм монтажа переносных заземлений: первым делом защитный проводник всегда крепится к стационарному заземляющему устройству. И только после того, как обеспечен надежный контакт с «землей», струбцины накладываются на сами токоведущие элементы.

Снятие защиты происходит в строго обратном порядке. Сначала электромонтер демонтирует зажимы с шин или проводов, а уже последним действием отключает проводник от заземляющего контура.

Здесь действует жесткое правило безопасности: абсолютно все действия с переносными заземлениями должны выполняться исключительно в диэлектрических перчатках. Если речь идет об электроустановках классом выше 1000 В, то для подачи проводников и затяжки струбцин в обязательном порядке используется изолирующая штанга. Фиксировать контакты просто руками, даже находясь в защитных перчатках, разрешается лишь тогда, когда это прямо допускается конструкцией аппаратов и классом рабочего напряжения сети.

### **Установка заземлений в распределительных устройствах**

При подготовке рабочих мест в сетях классом напряжения выше 1000 В фундаментальным правилом безопасности является наложение заземлений. Инструкции требуют закорачивать и заземлять токоведущие части всех фаз ремонтируемого участка строго со всех направлений, откуда технически возможна ошибочная подача потенциала. Единственное послабление нормативная база делает для обесточенных

сборных шин – в их случае допускается монтаж лишь одного заземляющего устройства.

Специфический подход требуется при обслуживании линейных разъединителей. Здесь ремонтная схема в обязательном порядке усиливается переносным заземлением, которое накладывается на провода спусков со стороны воздушной линии. Что принципиально важно: это требование не отменяется даже при наличии и замкнутом положении штатных заземляющих ножей самого аппарата. При этом место подключения струбцин необходимо выбирать так, чтобы любые случайные манипуляции с разъединителем ни при каких обстоятельствах не привели к разрыву защитного контура. Параллельно с этим всегда учитывается фактор наведенного напряжения – если токоведущие элементы попадают в зону его влияния, персонал обязан дублировать установку заземляющих устройств непосредственно в границах своего рабочего места.

В электроустановках низшего класса напряжения (до 1000 В) технологический цикл обслуживания шинных конструкций РУ и щитов предполагает их обязательное обесточивание и последующее заземление (за исключением изолированной ошиновки). При возникновении технических препятствий для штатного заземления, обусловленных конструкцией КРУ или распределительных ящиков, безопасность гарантируется альтернативными методами: использованием диэлектрических накладок и колпаков на контактах либо полным физическим отсоединением кабелей и шин.

Кадровое обеспечение процесса в установках выше 1000 В жестко регламентировано по квалификационному составу. Монтаж переносных заземляющих устройств осуществляется исключительно парой специалистов, где старший (из оперативного состава) обладает IV группой, а помощник – III группой допуска. На территориально удаленных объектах функции второго лица может выполнять сотрудник организации-потребителя по согласованию с руководством. В то же время оперирование встроенными заземляющими ножами на включе-

ние разрешено производить единолично работнику с IV группой оперативного профиля, а их отключение и последующий демонтаж переносных средств защиты вправе осуществлять один сотрудник, имеющий группу не ниже III.

### **Установка заземлений на ВЛ**

Для обеспечения электробезопасности на воздушных линиях (ВЛ) с номиналом более 1000 В критически важным является создание защитных разрывов путем заземления во всех точках коммутации, где был произведен вывод линии из работы. Однако нормативные документы допускают ряд специфических исключений для различных классов напряжения. Так, на магистральных сетях 35 кВ и выше при наличии ответвлений разрешается не монтировать заземляющие устройства на тупиковых подстанциях, если сама линия надежно заземлена с двух концов, а защитный контур на подстанциях организован непосредственно за линейными разъединителями. В свою очередь, для сетей 6–20 кВ процедура упрощена: допускается установка заземления лишь в одном РУ или у одного секционирующего аппарата, при условии, что безопасность персонала на удаленных участках гарантируется применением переносных заземлений, размещенных между рабочим местом и точками возможной подачи напряжения.

На низковольтных линиях (до 1000 В) требования к локализации защиты менее жесткие – здесь достаточным признается монтаж заземляющего устройства непосредственно в зоне производства работ. При этом каждая задействованная бригада обязана заземлить все фазные провода, а при необходимости и грозозащитные тросы. В процессе сооружения новых участков ВЛ (в анкерных пролетах) регламентируется строгая схема: заземление устанавливается на начальной анкерной и одной из предпоследних промежуточных опор. Категорически запрещено заземлять смонтированный сегмент на конечной анкерной опоре, чтобы исключить риск пробоя изоляции или перехода потенциала атмосферных перенапряжений на монтируемую часть линии.

Технологические особенности конструкций ВЛ также вносят коррективы в процесс подготовки. На линиях с расщепленной фазой

допускается заземление одного провода в фазе, но только при отсутствии изолирующих распорок; в противном случае заземляются все составляющие. На одноцепных опорах защита монтируется либо на месте работ, либо на смежной опоре, при этом расстояние между двумя защитными заземлениями по обе стороны от бригады не должно превышать 2 км. Присоединение к контуру заземления на металлических опорах выполняется к их телу, а на железобетонных или деревянных конструкциях – к штатным спускам после проверки их целостности. В сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью разрешено использовать для этих целей повторно заземленный нулевой провод.

Работа вблизи изолированных грозозащитных тросов требует их предварительного заземления в сторону изолированного пролета, особенно если персонал сближается с тросом на дистанцию менее 1 метра. Если трос задействован в системе плавки гололеда, он рассматривается как токоведущая часть и заземляется со всех сторон питания. Организационно установка заземлений на ВЛ выше 1000 В поручается двум специалистам оперативного профиля (с IV и III группами соответственно), при этом допускается привлечение персонала потребителя. Непосредственно в пролетах монтаж осуществляет производитель работ с помощником (III группа), а демонтаж – два члена бригады. Обязательным условием при проверке отсутствия потенциала и установке заземлений является нахождение одного из сотрудников на земле для осуществления непрерывного визуального контроля за действиями коллеги.

### **Ограждение рабочего места, вывешивание плакатов**

Информационное обеспечение безопасности в действующих электроустановках требует обязательной установки указательных плакатов «Заземлено» на органах управления (рукоятках, ключах, кнопках) всех коммутационных аппаратов, через которые возможна подача потенциала на заземленные сегменты цепи. Для физической изоляции участков, находящихся под рабочим напряжением, применяются диэлектрические переносные ограждения – ширмы, щиты или экраны, снабженные предупреждающей маркировкой «Стоять! Напряжение».

В сетях напряжением до 20 кВ, где габариты оборудования не позволяют использовать стандартные щиты, регламентировано применение изолирующих накладок. Данные элементы устанавливаются непосредственно в видимые разрывы (например, между контактами разъединителей) и могут контактировать с токоведущими частями. Монтаж и демонтаж таких накладок осуществляется парой специалистов с IV и III группами допуска, при этом старший работник должен представлять оперативный персонал. Технологический цикл требует обязательного использования изолирующих штанг (клещей) и диэлектрических перчаток.

Периметр рабочей зоны в распределительных устройствах обозначается плакатами «Стой! Напряжение», которые размещаются на шкафах, панелях и стационарных ограждениях смежных ячеек. При проведении работ в ОРУ на уровне земли зона обслуживания выделяется временным ограждением из синтетического или растительного каната (шнура). Плакаты «Стой! Напряжение» на таком ограждении ориентируются лицевой стороной внутрь рабочего пространства, при этом в контуре обязательно предусматриваются точки для прохода персонала и проезда техники.

Особый порядок действует при выполнении распоряжений во вторичных цепях ОРУ, где жесткое ограждение места работ не является обязательным требованием. Непосредственно в точке производства операций фиксируется предписывающий знак «Работать здесь». Фундаментальное правило охраны труда при обслуживании электроустановок касается полной неприкосновенности подготовленного рабочего места. Ремонтному персоналу категорически запрещено самовольно снимать, перемещать или каким-либо иным образом нарушать схему расстановки предупреждающих плакатов и инвентарных ограждений, изначально выставленных допускающим. Вся эта конфигурация защитных средств должна оставаться строго в исходном виде вплоть до того момента, пока ремонтные мероприятия не будут свернуты, а наряд-допуск – официально закрыт дежурным персоналом.

## **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается специфика работы оперативного персонала на объектах энергетики? Дайте развернутую характеристику их должностных функций и поясните, какие квалификационные требования жестко предъявляются к данной категории сотрудников.

2. Рассмотрите современные подходы к планированию ремонтных кампаний. На каких фундаментальных принципах и методологиях базируется вся организация восстановительных работ в распределительных электрических сетях?

3. Объясните инженерный и организационный смысл применения технологических карт. Дайте четкое техническое определение этому документу и подробно раскройте его функциональное назначение в процессе эксплуатации оборудования.

4. Проведите детальный разбор внутреннего содержания технологической карты. Из каких конкретно информационных блоков она конструируется, и какие производственные данные обязательны для отражения в ее структуре?

5. Что в отраслевой нормативно-технической практике принято понимать под термином «комплексный ремонт»? Сформулируйте максимально полное и корректное определение этого процесса применительно к объектам электросетевого хозяйства.

6. Обоснуйте с управленческой и технико-экономической точек зрения саму целесообразность разработки сетевых графиков. Какую именно производственную необходимость закрывает этот инструмент при подготовке сложных ремонтов?

7. Опишите базовый понятийный аппарат, на который опирается теория сетевого планирования. Перечислите и охарактеризуйте ключевые структурные элементы, которыми оперируют инженеры при практическом построении ремонтных графиков.

8. Объясните методику выявления критического пути ремонтного цикла и сопутствующие аналитические задачи.

9. Функциональная роль оперативных карт накладок и регламентированные границы их использования.

10. Обязательный перечень технической документации, входящей в состав рабочего места сетевого диспетчера.

11. Состав базового пакета эксплуатационных документов на посту дежурного персонала подстанции.

12. Иерархия и должностные категории лиц, на которых возложена ответственность за безопасность производственных процессов.

13. Типовой перечень технологических операций, выполнение которых требует присутствия ответственного руководителя.

14. Регламентированная последовательность организационных стадий при осуществлении деятельности по наряду-допуску.

15. Порядок подготовки и основные требования к производству работ на основании распоряжения.

16. Совокупность организационных процедур, гарантирующих соблюдение норм безопасности в электроустановках.

17. Классификация и содержание технических мероприятий, направленных на защиту персонала при выполнении работ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие современной электроэнергетики предполагает широкое использование элементов искусственного интеллекта, к которым относится управление производственными активами электроэнергетических объектов, и их рациональную эксплуатацию на основе цифровизации. Внедрение цифровых технологий позволяет эффективно решать задачи, возникающие при управлении производственными активами, в первую очередь, вопросы ремонта и эксплуатационного обслуживания оборудования.

Учебное пособие призвано формировать у студентов знания в области управления производственными активами для решения инженерных задач на основе таких методов, как:

- планово-предупредительные ремонты для обеспечения заданного уровня аварийности;
- ранжирование активов на основе надежности с указанием механизмов возникновения отказов;
- инспектирование оборудования с учетом факторов риска и др.

Учебное пособие соответствует учебному плану ВлГУ для магистрантов по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» и может быть полезно как студентам, так и специалистам, занимающимся вопросами управления производственными активами в электроэнергетике и вопросами эксплуатации электроэнергетических систем.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М. : Энергия, 2002. – 288 с.
2. Межотраслевые правила безопасности при эксплуатации электроустановок. – М. : Энергия, 2001. – 165 с.
3. Мастерова, О. А. Эксплуатация электроэнергетических систем и сетей : учеб. пособие / О. А. Мастерова, А. В. Барская. – Томск : ТПУ, 2006. – 100 с.
4. Ламакин, Г. Н. Основы менеджмента в электроэнергетике : учеб. пособие / Г. Н. Ламакин. – Тверь : Изд-во ТГТУ, 2006. – Ч. 1. – 208 с.
5. Эксплуатация электрических сетей и систем электроснабжения : метод. указания к практ. занятиям / Амур. гос. ун-т ; сост.: А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. – Благовещенск, 2013. – 123 с.

*Учебное электронное издание*

МАКСИМОВ Юрий Павлович

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ  
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Учебное пособие

*Издается в авторской редакции*

**Системные требования:** Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;  
дисковод CD-ROM.

**Тираж 10 экз.**

Издательство Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.