

# ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ЕГО ГЛУБОКОЙ ИНТЕГРАЦИИ В ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ

*В первой части статьи обоснована необходимость внедрения современных систем подготовки оперативно-диспетчерского персонала на предприятиях электроэнергетики с учетом уровня аварийности, обусловленной человеческим фактором. Рассмотрены ключевые направления тренажерной подготовки, реализуемые в энергосистеме России, описана структура программ подготовки, предложены критерии оценки ее участников. Во второй части публикации рассматриваются технические и методические средства подготовки персонала и влияние их применения на аварийность в энергосистеме.*

## Часть 2.

В период с 2001 года по настоящее время в структурах АО «СО ЕЭС» произошли значительные изменения в области технического оснащения служб тренажерной подготовки, причем основной упор был сделан прежде всего на систематическую тренировку диспетчерского персонала. Средства, используемые в рамках тренажерной подготовки, следует разделять на методические и технические, предполагая при этом, что их внедрение должно проводиться одновременно и параллельно.

### Технические средства тренажерной подготовки персонала

Для отработки навыков персонала в рамках одного предприятия оптимально использование нескольких тренажерных комплексов различных типов, общая характеристика которых приведена в [1]. Рассмотрим более подробно каждый из них.

Веб-приложение ПК «Веб-Эксперт» предназначено для работы в корпо-

ративной сети и требует установки на сервер предприятия. Доступ пользователей компьютеров к программе осуществляется из любого интернет-браузера. Программный комплекс представляет собой систему дистанционного обучения, позволяющую организовать через веб-интерфейс полный цикл обучения и проверки знаний персонала.

ПК «Веб-Эксперт» поддерживает следующие функции:

- регистрация уникальных страниц пользователей;
- создание и ведение библиотеки НТД;
- создание программ обучения и тестовых вопросов на их основе;
- первичное, вторичное и промежуточное тестирование;
- учет успеваемости.

Пользователю ПК «Веб-Эксперт» доступны различные возможности, включая самостоятельное изучение НТД, поиск и скачивание литературы для самоподготовки, обучение в свободном режиме и в учебных группах, теоретическую подготовку на базе заранее составленных комплектов за-

**С.В. СТУЛЬСКИЙ,**  
ведущий инженер  
ООО «АВИТИСТ-ТЕХНОПЛУС»

**Д.В. ДВОРКИН,**  
к.т.н., ведущий специалист отдела  
развития энергетических систем  
АО «Научно-технический центр  
Единой энергетической системы  
Развитие энергосистем»

**В.П. БУДОВСКИЙ,**  
д.т.н., директор Центра оценки  
квалификаций АО «Научно-  
технический центр Единой  
энергетической системы  
Противоаварийное управление»

**В.В. САРАНЦЕВ,**  
к.т.н., директор ГУО «Центр  
повышения квалификации  
руководящих работников и  
специалистов энергетики»

**А.И. САВИЦКИЙ,**  
начальник отдела тренажерной  
подготовки персонала  
диспетчерской службы  
ГПО «Белэнерго»

даний, а также различные варианты тестирования (промежуточное по программам обучения, первичное и вторичное с ограничением по времени, итоговым протоколом и оценкой).

Тренажеры оперативных переключений (ТОП) «Модус» и «TWR-12» позволяют моделировать энергообъекты различного уровня – от городских и распределительных сетей до электростанций и энергосистем. При этом компьютерный макет содержит однолинейную схему энергообъекта (сети),

изображения щитов управления, панелей релейных защит и автоматики, а также анимированные изображения реального оборудования. На основе таких интерактивных моделей формируются сценарии тренировок, за основу которых рекомендуется брать информацию о ранее зафиксированных реальных ошибках персонала или комплексных авариях. Пользователями ТОП «Модус» и «TWR-12» могут быть:

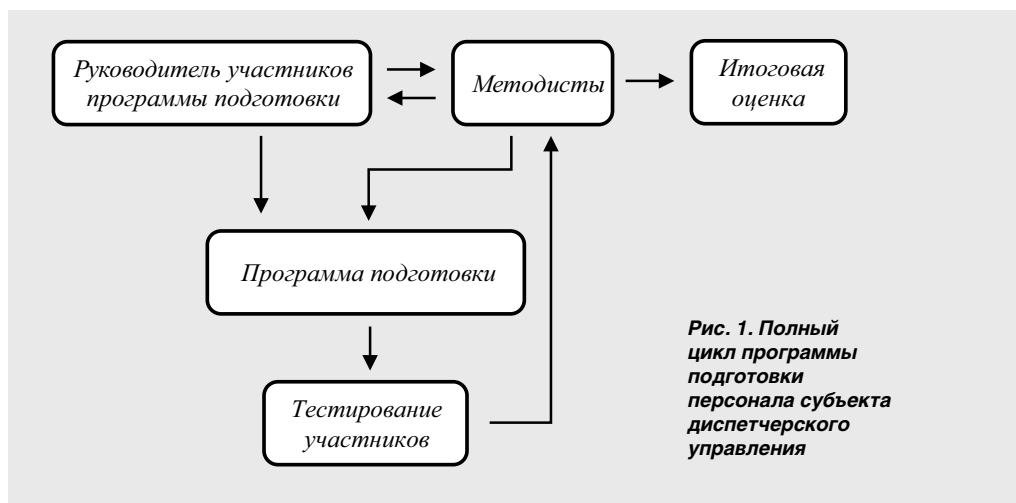
- диспетчер крупной энергосистемы;
- диспетчер распределительной или городской сети;
- дежурный подстанции;
- оперативно-выездная бригада;
- персонал электроцеха электрической станции.

В процессе тренировки персонал производит различные операции и переключения, проверочные и другие тренировочные действия на компьютерном макете энергообъекта в условиях нормальной работы или аварийной ситуации – в соответствии с полученным заданием. При этом могут имитироваться следующие операции:

- коммутации на мнемосхемах и управление оборудованием с ключа управления на щите или распределительном устройстве;
- работа с устройствами РЗА;
- проверочные действия;
- использование плакатов;
- выполнение действий через автоматизированное рабочее место;
- телефонные переговоры;
- применение средств индивидуальной защиты.

**РТД «Финист»** входит в состав оперативно-информационного комплекса (ОИК) СК-2007, а его преемники РТД «Феликс» и «Филин» – в состав ОИК СК-11 [2]. Тренировки на базе этих РТД могут быть нацелены как на изучение поведения энергосистемы в конкретной ситуации, так и на выработку навыков управления в типичных, предаварийных и аварийных режимах.

Режимный тренажер диспетчера имитирует источники телеметрической информации, генерируя для тренажерной SCADA-системы поток данных, отображаемый на тренировочном диспетчерском щите. Тренажер обеспечивает возможность моделирования поведения в реальном времени различных комплектов РЗА (АОСЧ и АОПЧ, АОСН и АОПН, АПНУ, АРО, АОПО, УРОВ и др.). Это позволяет максимально приблизить процесс тренировки к реальной



**Рис. 1. Полный цикл программы подготовки персонала субъекта диспетчерского управления**

ситуации. При этом существует возможность управлять ходом тренировки, приостанавливая ее (или отдельные сценарии) для пошаговых разборов всех операций.

В основу работы комплекса положена динамическая модель энергосистемы, которая воспроизводит не только установившиеся режимы между коммутациями, но и различные переходные процессы, в том числе асинхронный ход, процессы длительной динамики (тепловые процессы на электростанциях, регулирование частоты и мощности).

Следует отметить, что при использовании данного ПВК энергосистема может быть представлена несколькими изолированными фрагментами (островами), для каждого из которых расчет переходных процессов выполняется независимо. Это позволяет проводить тренировки по синхронизации крупных энергосистем (объединение островов) с применением модели синхроскопа для контроля разности частот, модулей и фаз напряжения.

### Методические средства подготовки персонала

Методической основой тренажерной подготовки оперативного персонала является представленная в [1] система подготовки, в рамках которой существует разделение на методистов, участников программы подготовки и их руководителей.

Методисты формируют программу подготовки, разрабатывают комплекты тестовых заданий и сценариев тренировок, а также отвечают за итоговую независимую оценку знаний. Руководители участников, в свою очередь, обе-

спечивают техническую, организационную и информационную поддержку методистов. Обе стороны тесно взаимодействуют в процессе создания программы, с тем чтобы она была максимально адекватна задачам и условиям прохождения подготовки.

Итоговая оценка (ES) каждого участника рассчитывается по выражению (1), приведенному в первой части настоящей статьи [1]. Важно отметить, что выставление оценки является задачей методистов, что позволяет исключить различные конфликты интересов (рис. 1). Подтверждением обоснованности такого подхода может служить актуальное российское законодательство, а именно требования п. 1–3 ст. 4 Федерального закона «О независимой оценке квалификации» [3].

Важно подчеркнуть, что должность методиста является самостоятельной, а не подразумевает дополнительную нагрузку для сотрудников оперативных служб (электрических режимов, релейной защиты и автоматики, планирования режимов и т.д.). То есть залогом успешной подготовки персонала является создание внутри организации отдельной структуры, в задачи которой входят формирование качественной программы подготовки (на основе анализа реальных аварийных случаев, актуальной НТД и взаимодействия с указанными оперативными службами) и организация обучения. В этом случае к профессиональным компетенциям методиста предъявляются более высокие требования: он должен иметь не только фундаментальные знания и навыки в областях управления режимами, оперативных переключений и РЗА, но и опыт всесторонней работы с описанными ПВК.



**Рис. 2. Технические причины несчастных случаев в энергетическом секторе России в период с 2000 по 2005 год**

Руководитель, заинтересованный в повышении итоговых оценок подчиненных, должен содействовать организации процессов их обучения и самообучения до и в процессе прохождения программы подготовки с регулярной проверкой фактического уровня знаний и навыков путем тестирования.

Таким образом, необходимыми составляющими эффективной системы подготовки персонала являются:

- применение современных интерактивных средств теоретической и практической подготовки и тестирования;
- введение рейтинговой системы участников программы подготовки;
- разделение всех вовлеченных в процесс лиц на методистов, непосредственных участников и их руководителей.

### Влияние подготовки персонала на статистику аварийности и несчастных случаев в электроэнергетике

Как уже было сказано в первой части статьи [1], ключевой проблемой обоснования необходимости внедрения системы тренажерной подготовки на объектах электроэнергетики является невозможность установления четкой причинно-следственной связи между ошибками персонала и последующими неблагоприятными явлениями в силу многофакторности любой аварии.

Ситуация усложняется ввиду неполноты статистических данных. Авторам статьи удалось агрегировать информацию за период с 2000 по 2019 год о количестве и причинах несчастных случаев на объектах электроэнергетики России (ТП, ПС, сетевые объекты и электростанции), трендах на снижение аварийности на этих объектах (в том числе

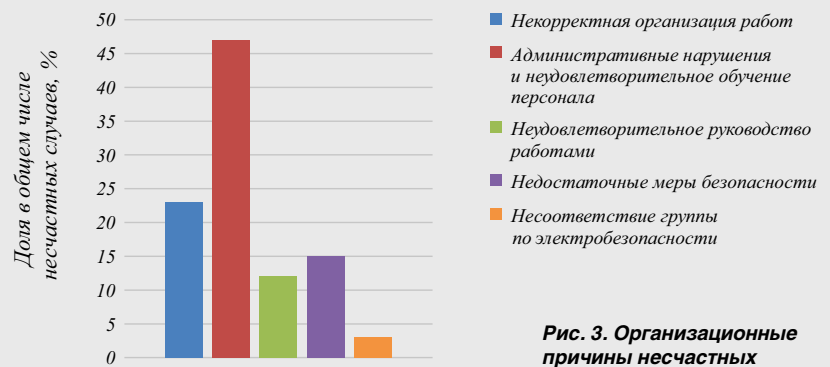
с несчастными случаями) и улучшение материально-технического обеспечения оперативного персонала.

Согласно данным [4] наибольшее количество несчастных случаев (более 900) на предприятиях энергетического сектора экономики Российской Федерации наблюдалось с 2000 по 2005 год. Характерно, что их доминирующими причинами стали ошибочные действия самих пострадавших (более 25 % случаев) и нарушения технологии проведения работ (18 %). При этом немаловажным

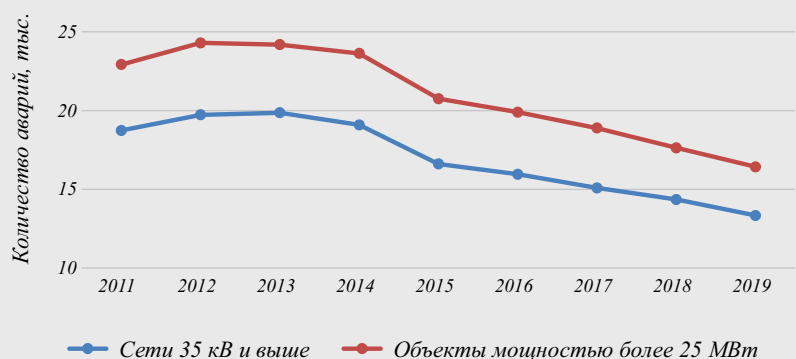
фактом является то, что в данный период оперативный персонал объектов электроэнергетики не был оснащен техническими средствами должного уровня (рис. 2).

Наряду с указанными причинами важным фактором, влияющим на уровень аварийности (не менее чем в половине случаев), было низкое качество организации работ. На первый план здесь вышли административные нарушения при формировании бригад и организации доступа к работе, а также некачественное обучение персонала (рис. 3).

Все эти обстоятельства послужили стимулом для модернизации энергетических предприятий России, улучшения материально-технического обеспечения оперативного и диспетчерского персонала, а также совершенствования его теоретической и практической подготовки. Как показывает статистика Министерства энергетики Российской Федерации [5], активная работа по этим направлениям привела к сокращению на 20 % количества аварий с участием оперативного персонала, вызванных человеческим фактором, на фоне общего снижения аварийности и числа



**Рис. 3. Организационные причины несчастных случаев в энергетическом секторе России в период с 2000 по 2005 год**



**Рис. 4. Динамика аварийности в энергетике России с 2011 по 2019 год**

несчастных случаев в энергосистеме России (рис. 4). Как показывает график, данный тренд становится устойчивым с 2013 года. При этом начиная с 2001 года в АО «СО ЕЭС» модернизировалась система подготовки на основе ПВК: в 2003 году во всех филиалах системного оператора был внедрен ТОП «TWR-12» [6], с 2009 года – РТД «Финист» [2].

Следует отметить, что статистика аварийности, связанной с работой диспетчерских служб, отдельно не ведется. Это обусловлено тем, что установление причинно-следственных связей между ошибками диспетчеров и ущербом, который они влекут, еще более затруднено, чем для аварий с участием оперативного персонала. Поэтому для обоснования положительного влияния предпринятых за последние 15 лет мер на уровень аварийности по вине диспетчерского персонала вводится допущение о подобии технологических процессов, лежащих в основе работы оперативно-диспетчерских служб и оперативного персонала объектов электроэнергетики. Оба процесса предполагают:

- четкое исполнение/отдачу оперативных команд;
- выполнение набора типовых и нетиповых операций;
- формирование/исполнение строгих последовательностей действий;
- учет одинаковых влияющих факторов;
- работу с идентичными или схожими технологическими картами, НТД;
- следование одним и тем же инструкциям по обеспечению пожарной безопасности и безопасности труда.

С учетом данного допущения можно утверждать, что внедрение системы тренажерной подготовки диспетчерского персонала оказало существенное влияние на снижение уровня аварийности.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о показательной эффективности описанных методических и технических средств подготовки, применяемых в России в последние десятилетия, и о целесообразности использования данного опыта предприятиями энергетического сектора Республики Беларусь и стран СНГ.

## Выводы

Анализ статистики аварийности в электроэнергетике России показал, что доля аварий, обусловленных человеческим фактором, может достигать 10–20 %. В прошлом одной из ключевых причин такого положения являлось отсутствие соответствующей системы подготовки персонала. В настоящее время в энергосистеме Российской Федерации такая система создана. Она предусматривает как теоретическую тестовую, так и практическую тренажерную подготовку с последующим тестированием, основанную на применении современных программно-вычислительных комплексов.

При создании системы предложены критерии оценки навыков и знаний участников системы подготовки, разработан обобщенный цикл программы подготовки персонала, решен ряд других актуальных вопросов в этой области.

Внедрение системы подготовки персонала на объектах электроэнергетики России положительно сказалось на снижении уровня аварийности, вызванной человеческим фактором, за последние 10 лет. Этот опыт рекомендован для использования в странах СНГ и Республике Беларусь.

## Список литературы

1. Стульский, С.В. Тренажерная подготовка диспетчерского персонала в условиях его глубокой интеграции в процесс управления энергосистемой. Часть 1 / С.В. Стульский [и др.] // Энергетическая стратегия. – 2020. – № 4. – С. 52–56.
2. ОИК СК-2007, СК-11 // Официальный сайт ООО «АВИТИСТ-ТЕХНОПЛУС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://avitist.by>.
3. О независимой оценке квалификации: Федеральный закон Российской Федерации от 3 июля 2016 г. № 238-ФЗ.
4. Дорофеев, Н.П. Анализ причин несчастных случаев на энергоустановках с 1 января 2001 по 1 мая 2005 года / Н.П. Дорофеев, В.Л. Титов, Б.М. Степанов // РосТепло.ру. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=655](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=655).
5. Статистика аварийности // Официальный сайт Министерства Энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/267>.
6. Рожков, А.С. Опыт организации внедрения тренажерного комплекса TWR12 в филиалах ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС» / А.С. Рожков // Оперативное управление в электроэнергетике. Подготовка персонала и поддержание его квалификации. – 2005. – № 1. – С. 25–26.