



Современная методология физико-статистического подхода к моделированию энергетических опасных производственных объектов

Докладчики:

Магид С. И. — д-р техн. наук, профессор, Директор Департамента «Technical educational systems in energy technologies» — TEST UNESCO, генеральный директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ»).

Архипова Е. Н. — д-р техн. наук, технический директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей».

Угрозы штатному функционированию энергообъекта, рассматриваемого как распределенная энергетическая система, могут исходить от следующих дестабилизирующих факторов.

- Техногенных (искусственных) дестабилизирующих факторов, а именно: отказы арматуры, отказы механизмов, разрывы трубопроводов, резервуаров воды, мазута, газопроводов, взрывы или пожары на технологическом оборудовании и т. д., и т. п.
- Природных (естественных) дестабилизирующих факторов, а именно:
 - изменения воздействий внешней среды (качества топлива; температуры: наружного воздуха, охлаждающей воды; качества исходной воды и т. п.);
 - природных катаклизмов (гололед, ураган, наводнение, пожар, землетрясение и т.п.).
- Антропогенных дестабилизирующих факторов (т. н. человеческий фактор), а именно:
 - непрофессиональных действий специалистов по проектированию, изготовлению, монтажу, обслуживанию и ремонту технологического оборудования, АСУТП, тренажерных систем;
 - террористических дестабилизирующих факторов

По словам президента РФ Путина В.В.:

«Ежегодно на ликвидацию последствий различного рода аварий и катастроф расходуется в России от 1,5 до 3 % ВВП, а мировой ежегодный ущерб составляет около 150 млрд. долл. Доля техногенных катастроф в сумме чрезвычайных ситуаций в РФ уже превышает 70 процентов. Причем для предотвращения угроз аварий и катастроф необходимо рассматривать не только технологический и управленческий аспекты, но и человеческий фактор. Жизнь показывает, что большинство аварий происходит по вине человека»

**По данным Ростехнадзора
причины аварий на опасных производственных объектах (ОПО)
(процент от общего количества аварий) следующие:**

- несовершенство технологий — 13%;
- низкий уровень знаний — 11%;
- умышленное отключение защиты — 2%;
- нарушение производственной дисциплины — 15%;
- неэффективность производственного контроля — 13%;
- неправильная организация работ — 13%;
- нарушение технологий — 17%;
- неудовлетворительное состояние оборудования, зданий и сооружений — 16%;

Аварийность на опасных производственных объектах (в том числе на электростанциях и сетевых предприятиях) в более чем 70% случаев определяется так называемым **«человеческим фактором»**.

Состояние аварийности обусловлено:

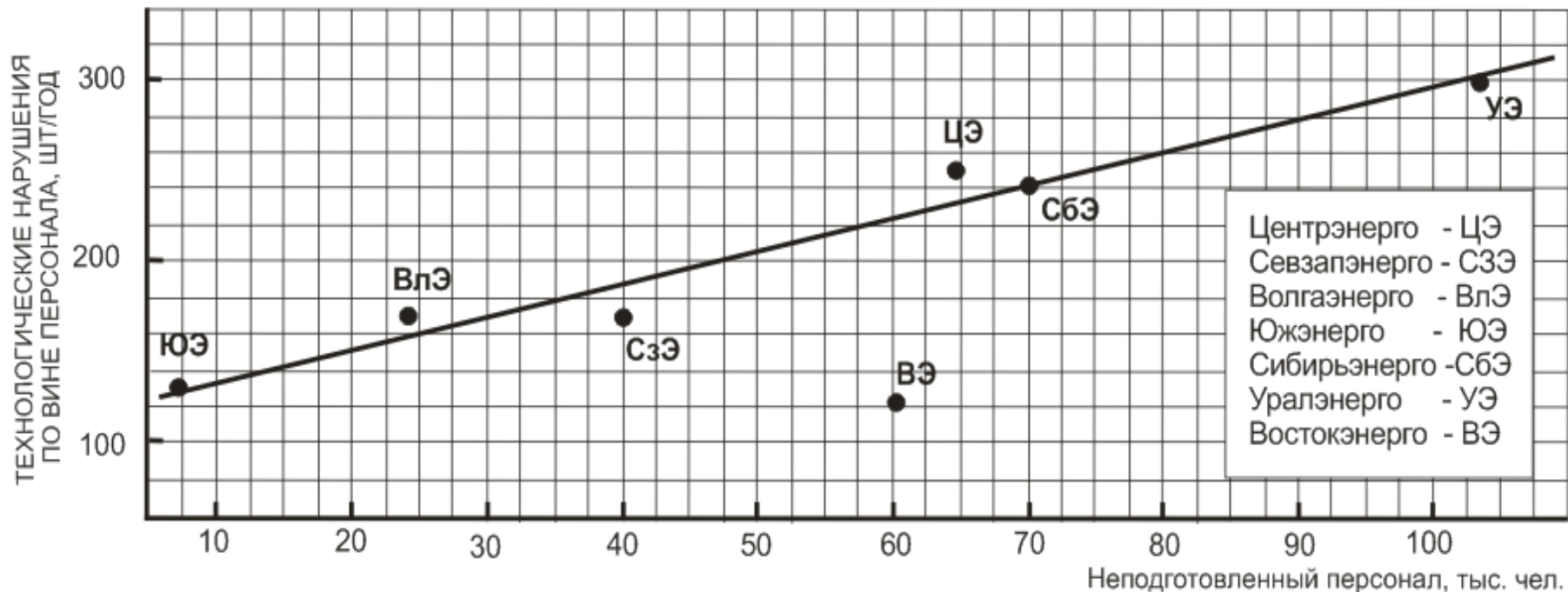
«Внешние» причины:

- ростом сложности управления и напряженности работы персонала;
- значительным объемом физически и морально устаревшего оборудования;
- поступлением топлива пониженного или сильно меняющегося качества;
- недостаточной квалификацией персонала и нарушением правил производства оперативных переключений.

«Внутренние» причины:

- отсутствие проверки профпригодности с учетом психофизиологических особенностей человека при отборе кандидатов в операторы;
- недостаточная теоретическая подготовка, вызванная разобщенностью изучаемых будущим оператором материалов;
- отсутствие систематизированных знаний о режимах работы оборудования и методах управления ими;
- недостаточный опыт управления как отдельными процессами, так и объектом в целом (оператор в период обучения не получает комплекса знаний, необходимых для успешного выполнения своих обязанностей);
- отсутствие навыков оперативного мышления, т.е. навыков построения причинно-следственных связей между показаниями приборов, а также информацией, отраженной на мнемосхеме или компьютере и ходом технологических процессов;
- отсутствие навыков предсказания аварийных ситуаций;
- повышенная утомляемость, вызываемая нерациональным построением щита управления или интерфейса АСУ, недостаточной связью с обходчиками, излишней напряженностью, связанной с неумением оператора анализировать и прогнозировать ситуации.

Зависимость технологических нарушений по вине персонала от численности неподготовленного персонала (по округам РФ)



**По данным Минтруда,
в России только 5% работников обладает высоким уровнем квалификации,
тогда как в США — 43%, а в Германии — 56%**

К «внутренним» — *организационным* причинам, по нашему мнению, следует отнести то, что:

- электрические станции и сети слабо оснащены современными техническими средствами обучения и тренажа персонала;
- нет утвержденных обязательных норм оснащения предприятий энергетики тренажерами и компьютерными средствами обучения и, как следствие, финансирование на эти цели выделяется по остаточному принципу;
- отсутствует научно обоснованная методика экономической оценки эффективности обучения оперативного персонала;
- не установлен контроль за техническими и программными средствами обучения и тренажа персонала на соответствие регламентам и стандартам РФ.
- отсутствует отраслевая система сертификации технических средств обучения персонала, соответствующая современному законодательству.

Обеспечение надежных, экономичных и безопасных режимов работы оборудования достигается за счет:

- знания персоналом схем, устройства и конструкции энергетического оборудования;
- понимания персоналом технологических процессов;
- знания правил технической эксплуатации (ПТЭ), правил устройства электроустановок (ПУЭ), правил техники безопасности (ПТБ) и правил противопожарной безопасности (ППБ);
- обладания персоналом навыками планирования изменений штатных режимов и умениями (быстрой реакции) в нестандартных ситуациях при отказах оборудования.

Требования к подготовке персонала, по существу, сводятся к двум позициям:

- **первая** — обеспечение знаний оборудования и процессов, правил технической эксплуатации (ПТЭ), правил устройства электроустановок (ПУЭ), правил техники безопасности (ПТБ) и правил противопожарной безопасности (ППБ),
- **вторая** — обеспечение навыков умения качественно работать в штатных и аварийных ситуациях.

Современная система обучения персонала

- **первая ступень** (знания): изучение оборудования и технологических процессов, правил технической эксплуатации (ПТЭ), правил устройства электроустановок (ПУЭ), правил техники безопасности (ПТБ) и правил противопожарной безопасности (ППБ), с помощью специально разработанных компьютерных программ и экзаменаторов;
- **вторая ступень** (навыки и умения): обучение навыкам ведения штатных и аварийных режимов на специально разработанных тренажерах, адекватно имитирующих как рабочее место оператора, так и технологические процессы энергообъектов.

Основными единицами образовательной матрицы являются технологические знания, а также современные информационные технологии (IT-тренажеры и IT-автоматизированные учебные курсы), способствующие формированию навыков и умений, которые включают обучаемого в реальный процесс управления энергетическими объектами.

Современная интегрированная система обучения и тренажа должна быть:

- 1. Стандартизированной, то есть соответствующей государственным и отраслевым стандартам, нормативно-техническим документам и регламентам, принятым в энергетической отрасли.
- 2. Научно-обоснованной, то есть научная методология системы обучения должна определять все ее компоненты: цели и средства, принципы и формы, методы и результаты.
- 3. Горизонтально-интегрированной, то есть охватывать в процессе обучения все производственные подразделения энергопредприятия (основные и вспомогательные цеха).
- 4. Вертикально-интегрированной, то есть охватывать процессом обучения практически все штатные единицы производственного персонала (от обходчика до главного инженера).
- 5. Адаптированной, то есть приспособляющейся к различному уровню подготовки персонала, а также к изменяющейся структуре и условиям эксплуатации энергооборудования.

Современные системные принципы единства функционально-целевых и причинно-следственных отношений модели и объекта:

Принцип единства функционально-целевых отношений модели и объекта-прототипа означает реализацию целевой функции человеко-машинной системы – тренажера, а именно, обеспечение возможности обучения человека-оператора.

Целевая функция человеко-машинной системы при обучении оператора на тренажере, определяющая принципиальные требования к тренажеру, состоит в следующем:

- обеспечение человеку-оператору адекватной информационной модели прототипа объекта управления;
- обеспечение возможности качественного и количественного анализа информации и принятия решений;
- формирование и совершенствование у оператора профессиональных навыков и умений при заранее заданных отклонениях (смещениях) модели относительно моделируемого прототипа, то есть погрешности моделирования, обеспечивающих необходимую эффективность обучения.

Современные системные принципы единства функционально-целевых и причинно-следственных отношений модели и объекта:

Системно-эргономический подход означает воспроизведение в имитируемом объекте результирующих функций, а также внешних и внутренних связей, соответствующих исходному объекту с такой точностью, которая достаточна для решения поставленных задач в необходимом объеме, при этом отличие результата от требуемого допуска должно лежать в поле назначенного допуска и обеспечивать:

- адекватность целей и условий;
- адекватность интерфейса (рабочих мест операторов энергообъектов);
- адекватность информационных потоков;
- адекватность математического моделирования;
- эргономическую адекватность;
- психологическую адекватность.

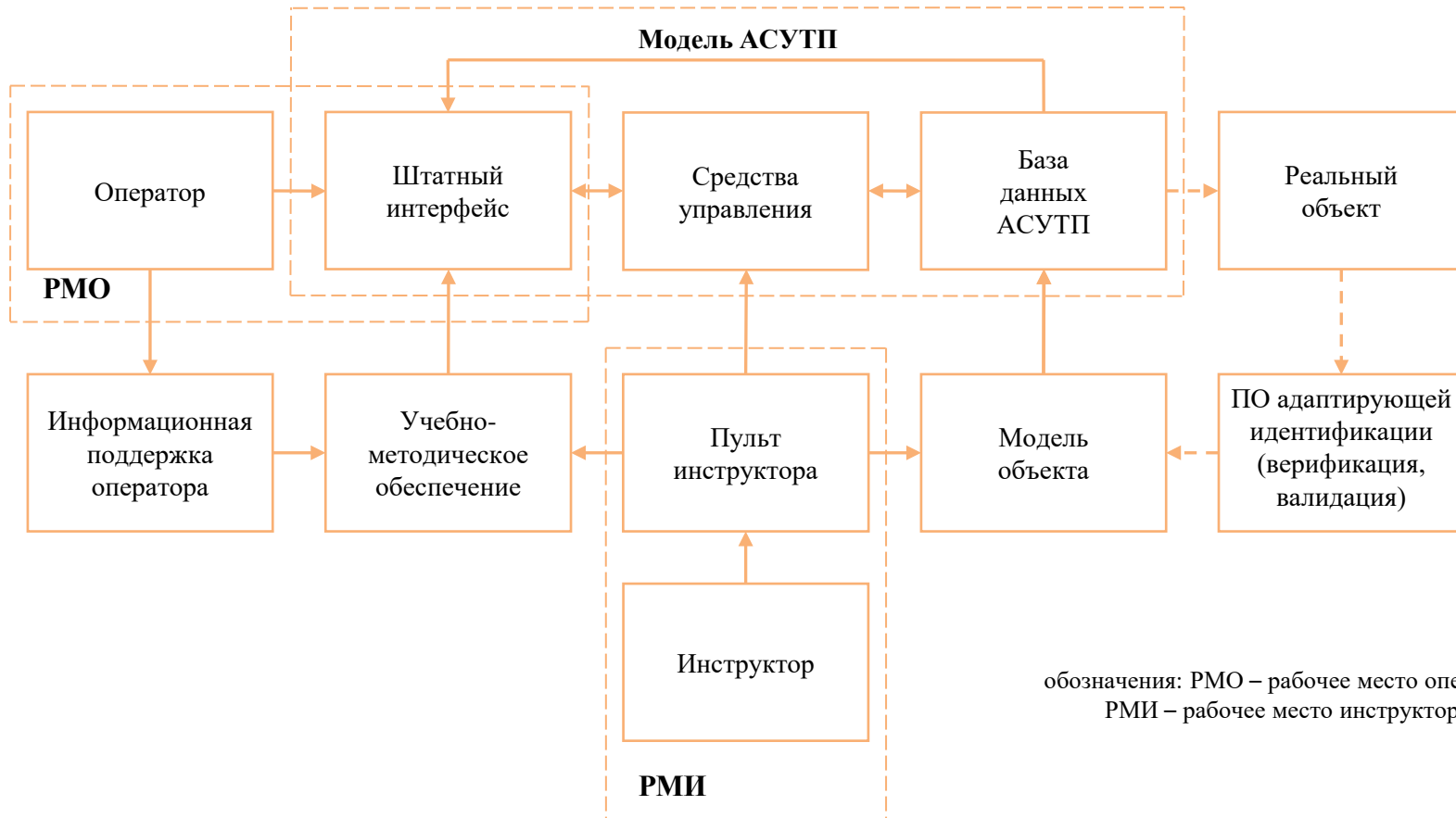
Принцип единства представлений означает возможность формирования у пользователя концептуальной модели объекта-прототипа адекватной модели, заложенной в проект разработчиком тренажера.

- Реализация в тренажере трех системных принципов научной методологии - единства отношений: модели, объекта и представлений позволяет сконструировать дидактически совершенный тренажер, обеспечивающий формирование у обучаемых адекватных управлению объектом моделирования и процессами в нем: знаний, навыков и умений.
- Соблюдение указанных принципов при разработке современного IT-тренажера позволяет регламентировать наличие в тренажере, как в средстве обучения персонала следующих ингредиентов: средств и методов математического моделирования объекта-прототипа, средств и методов системно-эргономического подхода при синтезе подсистем тренажера, средств учебно-методического обеспечения и контроля обучения, а также признаков цели обучения: обеспечение надежности и безопасности персонала и объекта управления.

Современный IT-тренажер должен состоять из следующих блоков:

- рабочего места оператора;
- рабочего места инструктора;
- модели объекта управления;
- модели АСУТП, включающей в себя штатный интерфейс, средства управления и базу данных;
- блока учебно-методического обеспечения;
- блока информационной поддержки оператора;
- блока ПО корректирующей идентификации (верификации, валидации).

Структурная схема ИТ-тренажера ЗАО «ТЭСТ»



Три подхода в организации процесса обучения:

- автоматизированные обучающие курсы (АУКи) – предназначены для получения персоналом знания схем, устройства и процессов энергетического оборудования – ориентированы на контекстный (предметный) подход к получению профессиональных знаний специалистами, основанный на прозрачности границ между учебной и профессиональной деятельностью;
- современные IT-тренажеры – предназначены для овладения персоналом навыками планирования штатных режимов и быстрой реакции в нестандартных ситуациях при отказах оборудования, то есть умения качественно работать в штатных и аварийных ситуациях – ориентированы на контекстный и андрагогический подходы, то есть на обучение на основе опыта и научение через действие;
- учебно-методическое обеспечение – автоматизированные сценарии тренировок (АСТ), сценарии парирования аварийных ситуаций (ПАС), компьютерные мастер-классы (МК) – ориентировано на развивающий подход, состоящий в том, что здесь ведущей становится тренажерная практика, имеющая своей целью не только овладение обучающимся известным, конкретным способом ликвидации аварийной ситуации, но и овладение всеобщим методом (общим подходом) к решению задач данного класса, то есть разрешения сходных проблем.

Программная тренажерно-моделирующая среда энергетических объектов STE (Simulative training environment)*

Состоит из набора программных модулей и библиотек, образующих масштабируемую адаптируемую платформу для моделирования тепломеханического, электротехнического оборудования и оборудования химводоподготовки.

В состав платформы разработки входит:

- - редактор мнемосхем;
- - редактор управляющих форм арматуры;
- - настраиваемый классификатор предметной области (переменные модели и их характеристики);
- - программный комплекс привязки элементов оборудования к их схематическому изображению на мнемосхемах;
- - модуль физической настройки характеристик оборудования;
- - модуль блочной связки переменных модели (данный модуль описывается скриптовым pascal или подобным языком);
- - модуль разработки системы подачи и подготовки топлива;
- - модуль разработки теплотехнической модели энергообъекта;
- - модуль разработки тепломеханической модели энергообъекта;
- - модуль разработки гидравлической модели энергообъекта;

*Государственная регистрация в Федеральной службе по интеллектуальной собственности №2012619008 от 05.10.2012

Программная тренажерно-моделирующая среда энергетических объектов STE (Simulative training environment)*

- - модуль разработки аэродинамической модели энергообъекта;
- - модуль разработки электротехнической модели энергообъекта;
- - модуль разработки модели химводоподготовки;
- - логический модуль поведения переменных модели;
- (защиты, локальные защиты, блокировки, пошаговые программы и пр.)
- - модуль настройки свойств и функций элементов мнемосхем;
- - модуль настройки технологической сигнализации;
- - модуль настройки контролирующей программы;
- - модуль разработки сценариев на тренировку;
- - модуль описания нештатных аварийных ситуаций;
- - модуль настройки сценариев телефонных переговоров;
- - модуль настройки сценариев использования доп. инструментов (плакаты, УВН);
- - модуль звукового сопровождения событий;
- - модуль информационно-методической поддержки тренируемого;
- - модуль графического отображения параметров модели (тренды, графики);
- - модуль настройки протоколирования событий модели.

*Государственная регистрация в Федеральной службе по интеллектуальной собственности №2012619008 от 05.10.2012

Архитектура типового программного комплекса тренажера

Тренажер построен по трехуровневой схеме:

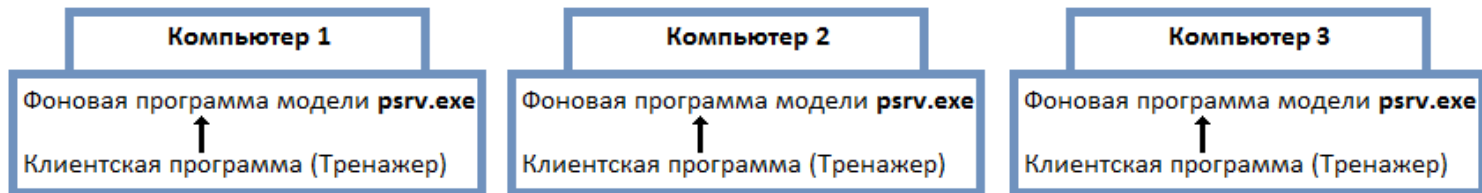
- Сервер баз данных MySQL (БД).
- Сервер, моделирующий оборудование энергоблока (модель).
- Клиентская часть отображения текущего состояния модели (интерфейс тренажера).



Трехуровневая организация программного комплекса тренажера позволяет проводить:

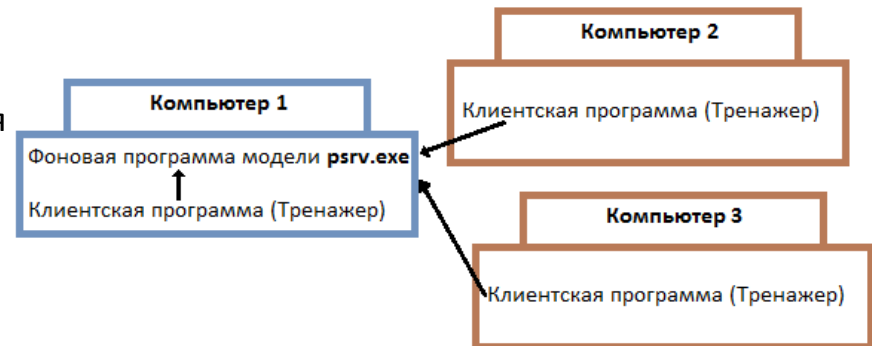
- **Индивидуальное обучение персонала.**

Каждый оператор работает со своей моделью и его действия не влияют на других обучаемых. При этом все три уровня (сервер БД, модель и тренажер) могут работать на одном компьютере.



- **Групповое обучение.**

Каждый оператор работает за отдельным компьютером с собственной клиентской программой тренажера, а модель рассчитывается на одном из компьютеров. При этом результаты управляющих воздействий, сделанные разными операторами будут видны всем. Таким образом, группа может совместно работать над выполнением поставленного задания.



Компоненты архитектуры

Сервер баз данных используется для:

- хранения настроек тренажера, режимов работы и обучающих заданий;
- хранения результатов обучения персонала с использованием данного тренажера;
- хранения списка сигнализаций энергоблока их уставок и условий ввода и вывода;
- регистрации сработавших сигнализаций.

Моделирующий сервер решает следующие задачи:

- рассчитывает текущее состояние оборудования объекта моделирования с заданной периодичностью (несколько раз в секунду);
- передает в тренажер результаты расчета модели оборудования необходимые для отображения на мнемосхемах;
- проверяет условия ввода/вывода/срабатывания сигнализаций и фиксирует сработавшие сигнализации в БД;
- оповещает тренажер о произошедших изменениях в сигнализациях;
- получает управляющие воздействия тренажера и производит их обработку;
- фиксирует в БД результаты обучения (выполненные задания и допущенные ошибки, произведенные действия).

В соответствии с «Планом работ по основным направлениям на 2013 г. и на перспективу» НП "Совета производителей электроэнергии и стратегических инвесторов электроэнергетики" (НП "СПЭ"), принято решение о разработке государственного стандарта «ГОСТ Р. Информационные технологии. Информационно-вычислительные системы. Программное и аппаратное обеспечение инструментальных комплексов технических средств обучения (ТСО) персонала энергетических объектов».

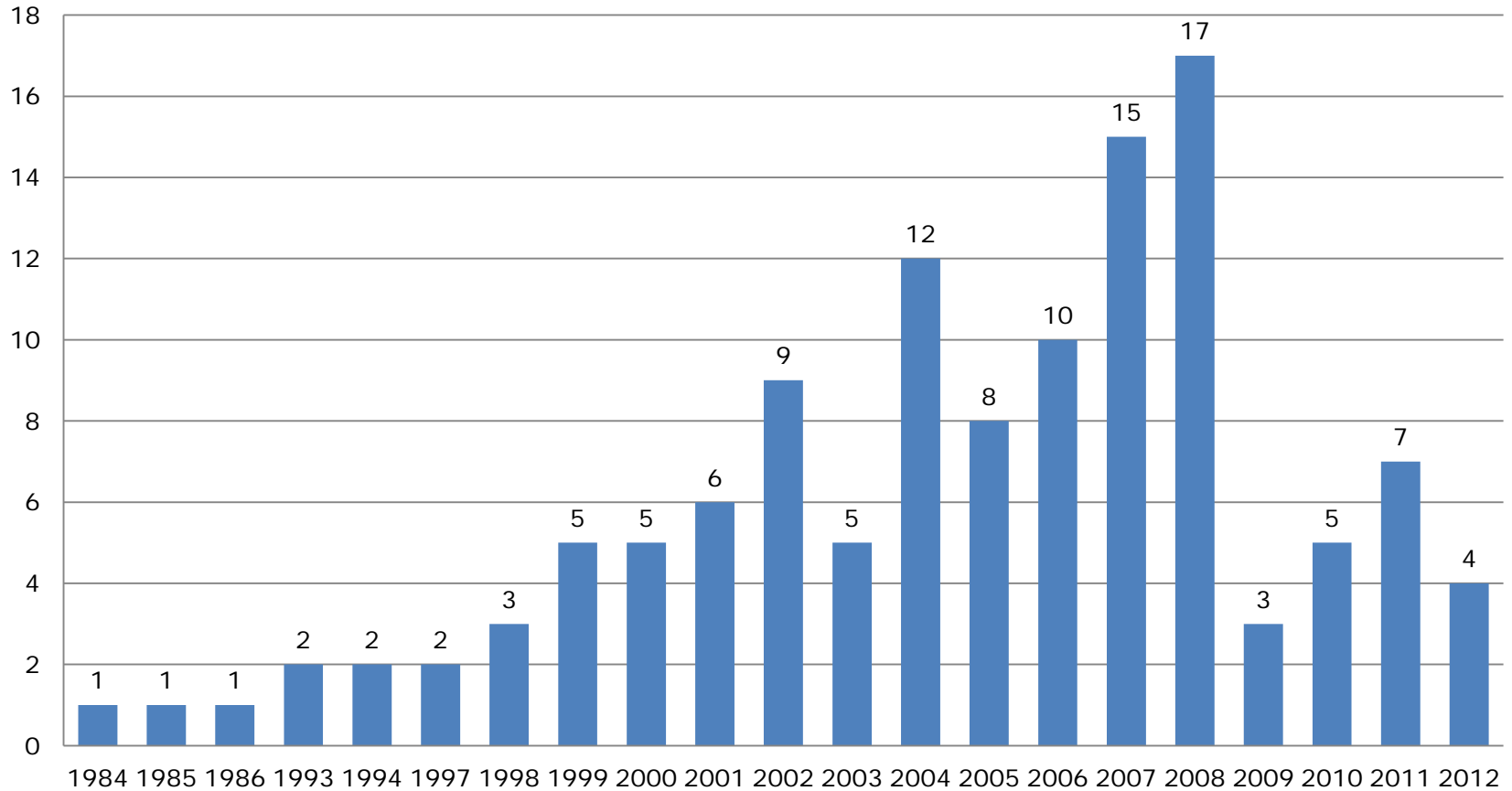
С целью подготовки материалов нового стандарта ТСО для включения в Государственную программу стандартизации на 2013 г. и анализа состояния ТСО было решено провести экспертное техническое обследование современного состояния ТСО на объектах генерации отрасли. Для реализации указанного Экспертной группой Совета ЭБТН НП «СПЭ» был разработан опросный лист по тренажерной технике, который и был разослан по объектам генерации организаций, входящих в НП «СПЭ».

Опросный лист включал следующие показатели:

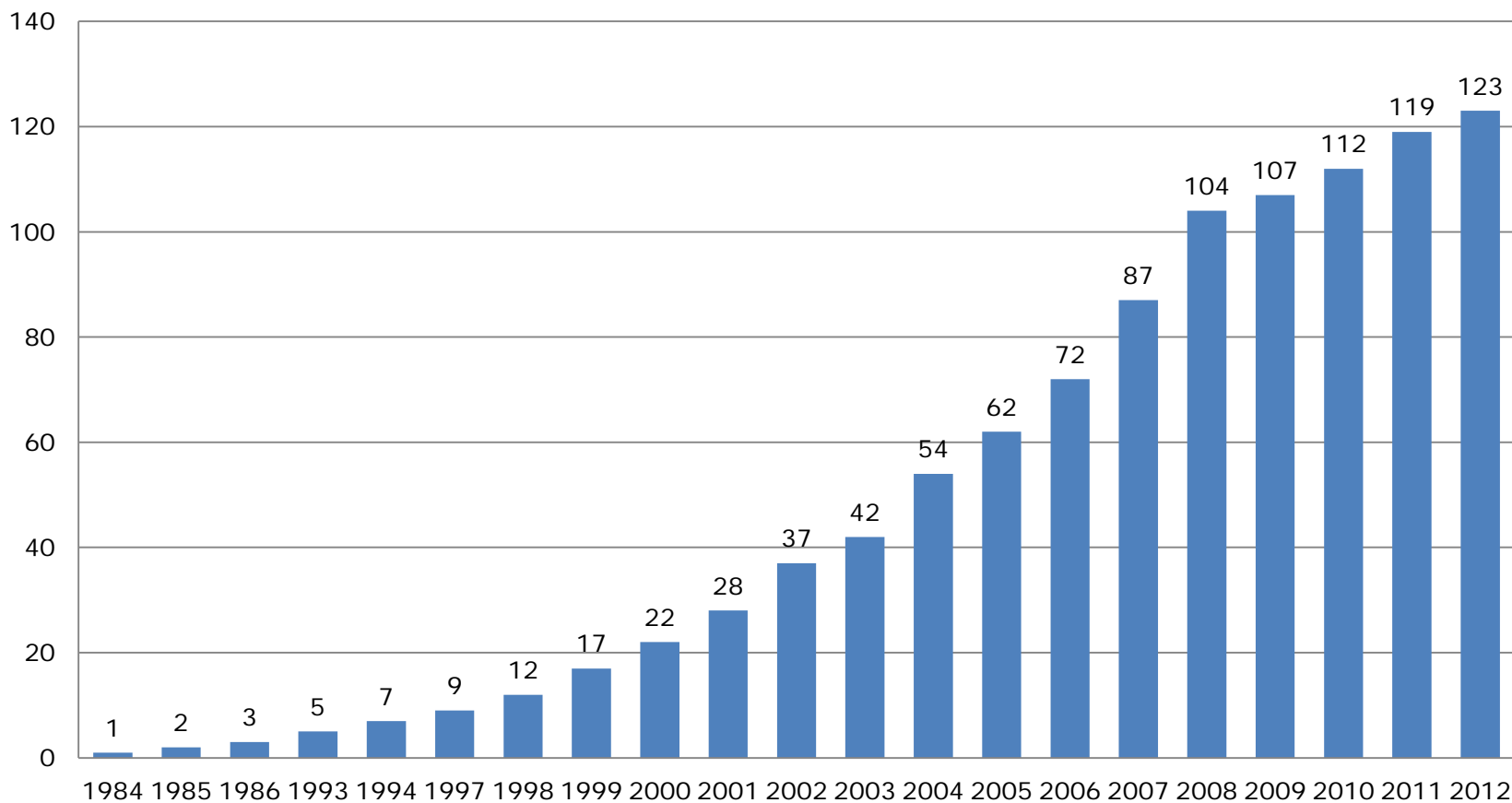
- наименование ТЭЦ / ГРЭС (установленная мощность, КИУМ);
- тип оборудования (котлы, турбины, генераторы, главная электрическая схема, химцех);
- наличие тренажера (по типу оборудования);
- год установки тренажера;
- фирма-изготовитель;
- функциональные свойства и характеристики тренажера (адекватность интерфейса, наличие физико-динамической модели, полнота моделирования, всережимность, точность модели, проведение верификации, соответствие АСУТП, наличие сети, передача через Интернет, наличие вводных, наличие УМО, автоматизированные сценарии, диспетчерский график, определение технико-экономических показателей (ТЭП), графопостроение, масштабирование времени, использование в учебном процессе и т.д., всего 50 показателей).

Обследовано 73 объекта генерации (ТЭЦ, ГРЭС), принадлежащие следующим организациям, входящим в НП «СПЭ»: Газпром энергохолдинг, Интер РАО ЕЭС, Э.ОН Россия, Фортум, КЭС Холдинг, Квадра, Татэнерго, ДГК, Башкирэнерго, ОГК-1, ОГК-2, ОГК-3, Энел ОГК-5, ОГК-6 и др.

Количество внедренных тренажеров генерации по годам



Количество внедренных тренажеров генерации нарастающим итогом по годам



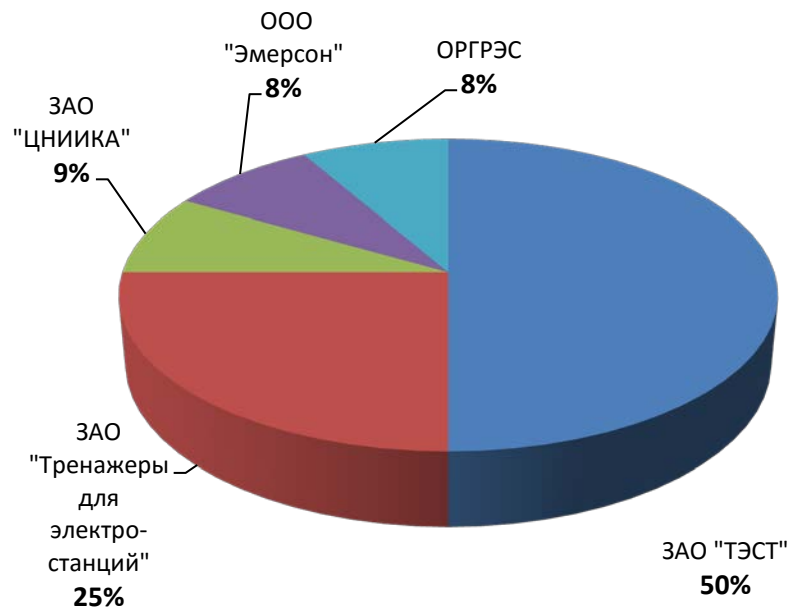
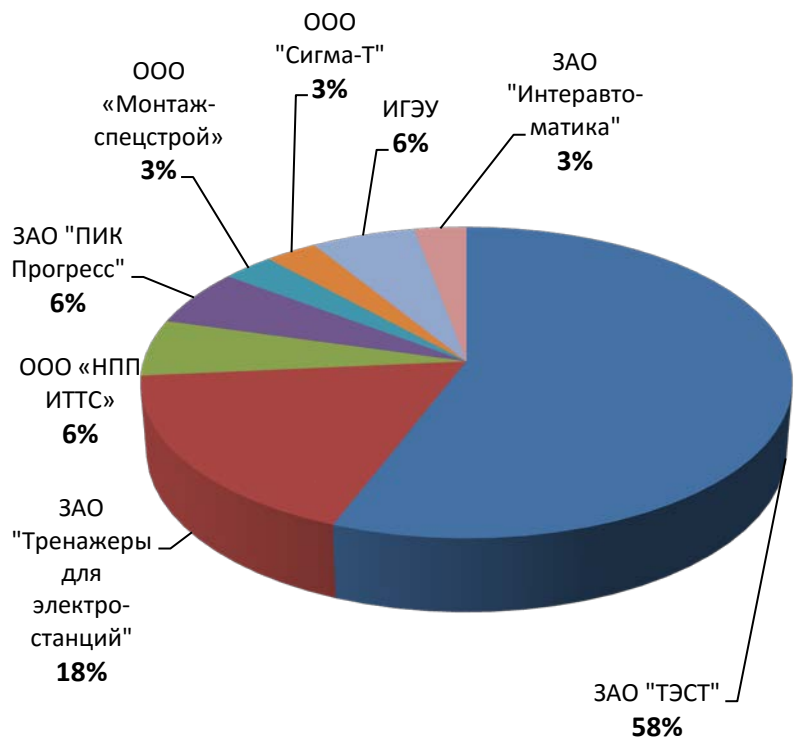
Реализация тренажеров в генерации электроэнергетики РФ

№ п/п	Фирма-производитель тренажеров	Тренажеры традиционных энергоблоков	Локальные тренажеры котлов, турбин, и т.д.	Тренажеры ПГУ	Тренажеры станций с поперечными связями	Тренажеры для персонала электроцехов	Тренажеры для персонала цехов ТАИ	Тренажеры для персонала химических цехов
1	ЗАО «Тренажеры электрических станций и сетей» (ЗАО «ТЭСТ»)	58%	50%	23%	63%	67%		29%
2	ЗАО «Тренажеры для электростанций» (ЗАО «ТДЭ»)	18%	25%	22%	33%	4%		
3	ЗАО «Интеравтоматика»	3%		22%				
4	ЗАО «ПИК Прогресс»	6%		22%				
5	ЗАО «НПП ИТТС»	6%		11%	4%			
6	ООО «Монтажспецстрой»	3%						
7	ИГЭУ	6%				2%		
8	ООО «Сигма-Т»	3%						
9	ОРГРЭС		8%					
10	ЗАО «ЦНИИКА»		9%					
11	ООО «Эмерсон»		8%					
12	ООО «ЭНИМЦ»					7%		
13	ЗАО «Энергетические технологии»					9%		
14	ЗАО «Модус»					11%		
15	МЭИ, каф. АСУТП						90%	
16	НЦ «ЦОТ Электро»						10%	
17	ООО «Триеру»							71%

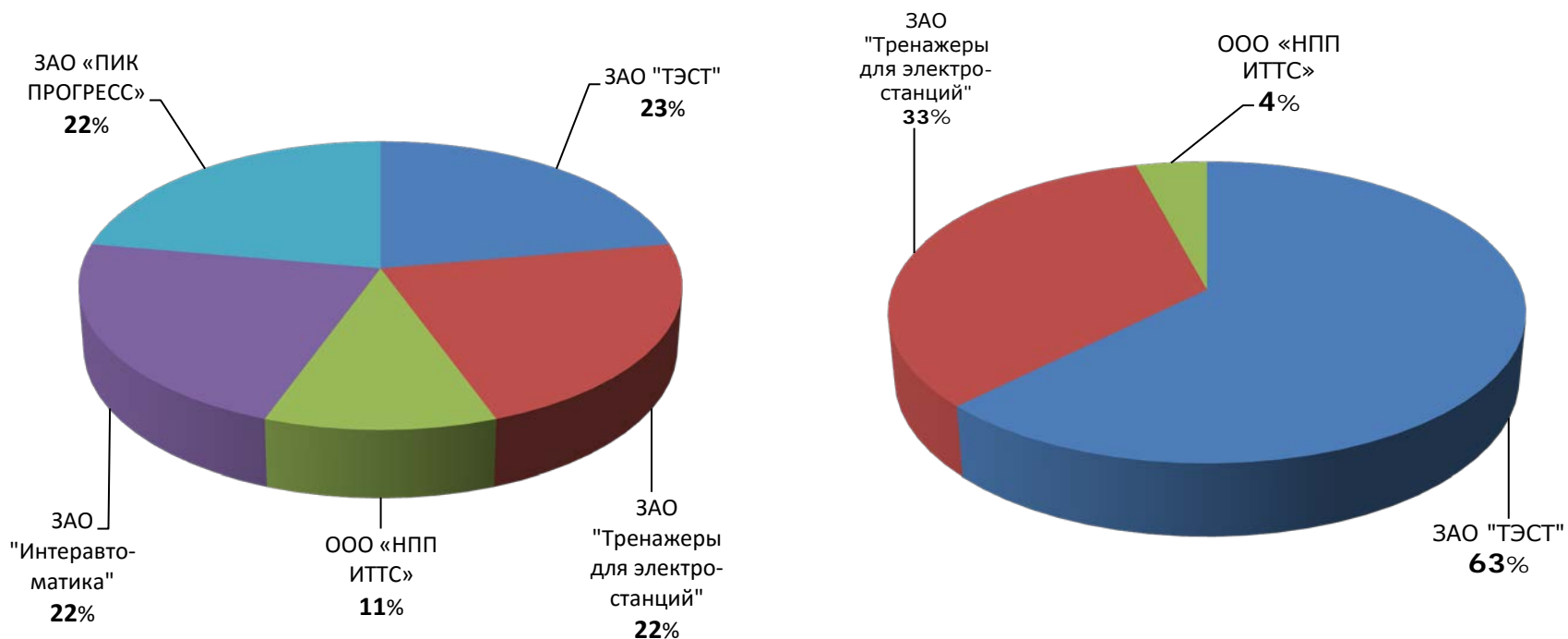
17 фирм-производителей тренажеров для электрогенерации (отечественных и зарубежных):

- 6 фирм, профессионально занимающихся разработкой и поставкой тренажеров;
- 3 фирмы - разработчики и поставщики АСУТП;
- 3 фирмы - кафедральные лаборатории учебных институтов;
- 2 фирмы - лаборатории НИИ;
- 3 фирмы - монтажно-наладочные предприятия.

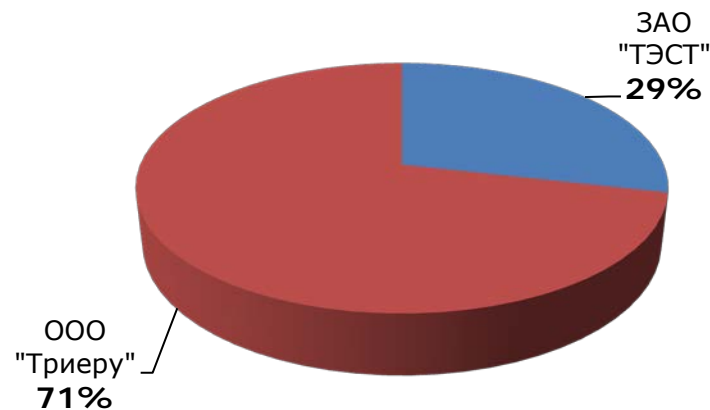
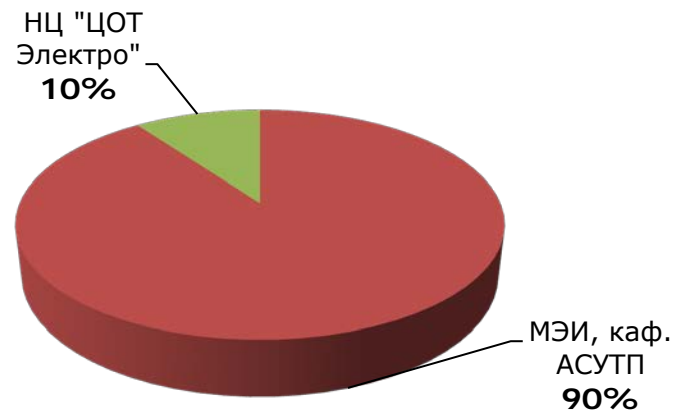
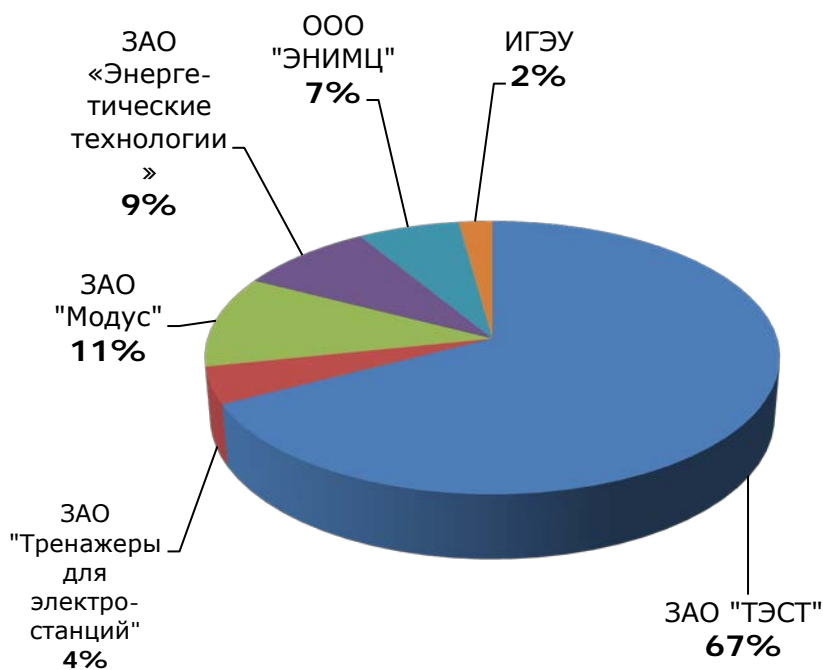
Тренажеры традиционных энергоблоков / Локальные тренажеры котлов, турбин и т.д.



Тренажеры ПГУ / Тренажеры станций с поперечными СВЯЗЯМИ



Тренажеры для персонала электроцехов / Тренажеры для персонала цехов ТАИ / Тренажеры для персонала химических цехов



Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
Технический комитет по стандартизации
ТК016 «Электроэнергетика»
ПК-4 Подкомитет стандартизации в области тепловой генерации

Проект Государственного стандарта

«ГОСТ Р. Информационные технологии. Информационно-вычислительные системы. Программное и аппаратное обеспечение инструментальных комплексов технических средств обучения (ТСО) персонала энергетических объектов»

- Раздел №1 - Общие методологические и методические требования к системе подготовки персонала предприятий электроэнергетики с учетом современных требований информационных технологий.
- Раздел №2 - Методические указания по разработке физико-технологического и математического обеспечения технических средств обучения (ТСО): всережимных полномасштабных тренажеров (ВПТ) и автоматизированных учебных курсов (АУК).
- Раздел №3 – Методические указания по разработке программного обеспечения всережимных полномасштабных тренажеров (ВПТ) и автоматизированных учебных курсов (АУК).
- Раздел №4 – Технические требования к программному обеспечению (ПО) всережимных полномасштабных тренажеров (ВПТ) и автоматизированных учебных курсов (АУК).
- Раздел №5 – Технические требования к программно-инструментальным комплексам для проектирования и создания тренажеров и АУК.
- Раздел №6 – Типовое техническое задание на разработку и внедрение всережимного полномасштабного тренажера (ВПТ).
- Раздел №7 – Типовое техническое задание на разработку автоматизированного учебного курса (АУК).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
Технический комитет по стандартизации
ТК016 «Электроэнергетика»
ПК-4 Подкомитет стандартизации в области тепловой генерации

- Раздел №8 – Дидактические требования к программам подготовки персонала с использованием тренажеров и АУК.
- Раздел №9 – Требования к порядку приемки, внедрения, сопровождения, модернизации и инспекционного контроля тренажеров и автоматизированных учебных курсов (АУК).
- Раздел №10 – Методические указания по проведению экспертизы при конкурсном рассмотрении заявок на разработку и внедрение тренажерных комплексов (ТК) отечественных и зарубежных фирм-изготовителей.
- Раздел №11 – Разработка требований к организациям-разработчикам тренажерной техники в соответствии с международным стандартом менеджмента качества ISO 9001-2008.
- Раздел №12 – Организационно-методические документы для функционирования испытательного центра (ИЦ) разработанных тренажеров и АУК.
- Раздел №13 – Методические указания по подготовке к аккредитации испытательного центра тренажеров и АУК.
- Раздел №14 - Методические указания по расчету экономической эффективности тренажерной подготовки персонала энергетических предприятий.
- Раздел №15 – Требования к составлению тезауруса (свода терминов и определений) в области тренажерной подготовки персонала.
- Раздел №16 – Термины и определения в области тренажерной подготовки персонала.

Современное определение термина «качество»

ИСО 8402 «Управление качеством и обеспечение качества»: «*Качество* - это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности».

Понимая под объектом энергетический тренажер, такими характеристиками можно признать:

- - *установленные потребности пользователя* - нормативная адекватность воспроизводимых параметров прототипа объекта управления и штатного оперативного человеко-машинного интерфейса;
- - *предполагаемые потребности пользователя* – наличие необходимого и постоянно расширяющегося учебно-методического обеспечения процесса подготовки человека-оператора.

Оценка качества продукции в соответствии с международным стандартом ISO 9000:2005(R)

Производится путем *градации* (категория или класс), присвоенной различным *требованиям* к качеству продукции, процессов или систем, имеющим одинаковое функциональное применение.

Причем *требование*, согласно тому же стандарту, это «потребность или ожидание, которое *установлено*, обычно предполагается или *является обязательным*».

Здесь же необходимо отметить, что в области энергетики в соответствии с Директивой Международной электротехнической комиссии (IEC), применяется другое определение: «*требование* - это выражение в содержании документа, передающее *критерии*, которые необходимо выполнить в случае заявления о соответствии данному документу и отклонение от которых недопустимо» (Директива ISO/IEC Часть 2:2004 п.3.12.1).

Оценка качества тренажеров

Таким образом, в нашем случае, оценка качества тренажера в соответствии с международным стандартом ISO 9000:2005 (R) может быть определена по «индексу уровня качества» - P_k :

$$P_k = \sum_1^n (P_n^a)^{1/(1-a)}$$

a – параметр распределения веса единичных показателей (критериев) индекса уровня качества тренажера.

P_n - единичные показатели (критерии) индекса уровня качества тренажера, измеряемые в баллах (от 0 до 10) по требованиям к *составляющим его структуру*:

Требования к модели энергообъекта.

- *всерезжимность:*

P_1 - адекватность целей;

P_2 - адекватность состояний;

P_3 - адекватность условий;

- *полномасштабность:*

P_4 - топологическая полнота;

P_5 - реальный масштаб времени;

P_6 - ускоренный масштаб времени;

P_7 - замедленный масштаб времени;

- *сопряженность:*

P_8 - сопряжение входов и выходов;

- *параметрическая точность:*

P_9 - верификация модели;

P_{10} - валидация модели.

P_{11} - статическая адекватность;

P_{12} - динамическая адекватность;

Требования к рабочему месту оператора:

P_{13} - адекватность интерфейса;

P_{14} - информационная полнота;

P_{15} - адекватность АСУТП;

P_{16} - внутренняя и внешняя память;

P_{17} - графопостроение;

P_{18} - объем дисплейной информации;

P_{19} - сохранение и загрузка режимов;

P_{20} - диспетчерский график;

P₂₁ - определение ТЭП;

P₂₂ - автоматизированные сценарии тренировок (АСТ);

P₂₃ - система поддержки оператора (СПО).

Требования к рабочему месту инструктора:

P₂₄ - формирование рабочих заданий;

P₂₅ - задание внутренних возмущений;

P₂₆ - задание внешних возмущений;

P₂₇ - задание возмущений с потерей геометрии;

P₂₈ - останов процесса;

P₂₉ - возврат к исходному состоянию;

P₃₀ - система поддержки инструктора;

P₃₁ - статистика по обучаемым.

Автоматическая контролирующая программа:

P₃₂ - контроль и протоколирование действий оператора;

P₃₃ - контроль и протоколирование количества и типа ошибок;

P₃₄ - контроль и протоколирование аварийной и предупредительной сигнализации;

P₃₅ - контроль и протоколирование действия защит и блокировок;

P₃₆ - фиксация отклонений и графиков основных параметров.

Требования к программному обеспечению:

- *идентификация программного обеспечения:*

P₃₇ - комплект эксплуатационной документации;

P₃₈ - наименование и обозначение программного продукта;

P₃₉ - версия программного продукта;

P₄₀ - свидетельство о государственной регистрации;

P₄₁ - лицензионная чистота;

P₄₂ - контрольные формуляры.

- *информационная совместимость и безопасность:*

P₄₃ - устойчивость к некорректным входным данным;

P₄₄ - устойчивость к некорректным управляющим воздействиям пользователя;

P₄₅ - поддержка открытых форматов для импорта и экспорта данных и создания отчетов;

P₄₆ - корректная обработка календарной даты и времени;

P₄₇ - совместимость внешняя;

P₄₈ - безопасность для компьютерного оборудования.

- *общие требования к программному обеспечению:*

P₄₉ - обновляемость программного обеспечения;

P₅₀ - наладка и коррекция программного обеспечения через интернет;

P₅₁ - оптимизация программного обеспечения.

Общие требования к тренажеру:

P₅₂ - комплексность;

P₅₃ - работа в сети;

P₅₄ - конфигурация тренажера;

P₅₅ - условия пуска-останова и ввода-вывода информации.

Разрешительная документация:

P₅₆ - сертификация соответствия;

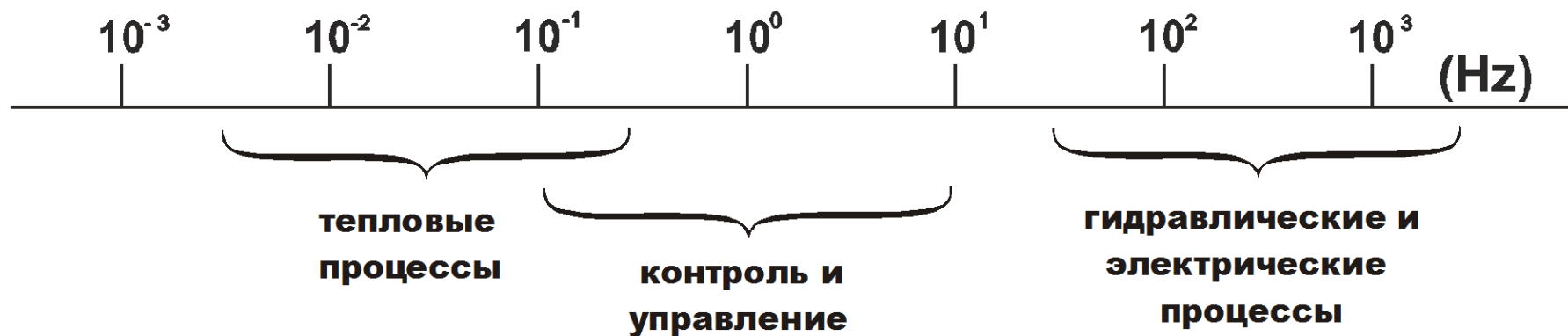
P₅₇ - сертификация безопасности;

P₅₈ - сертификация качества;

P₅₉ - аккредитация;

P₆₀ - лицензирование.



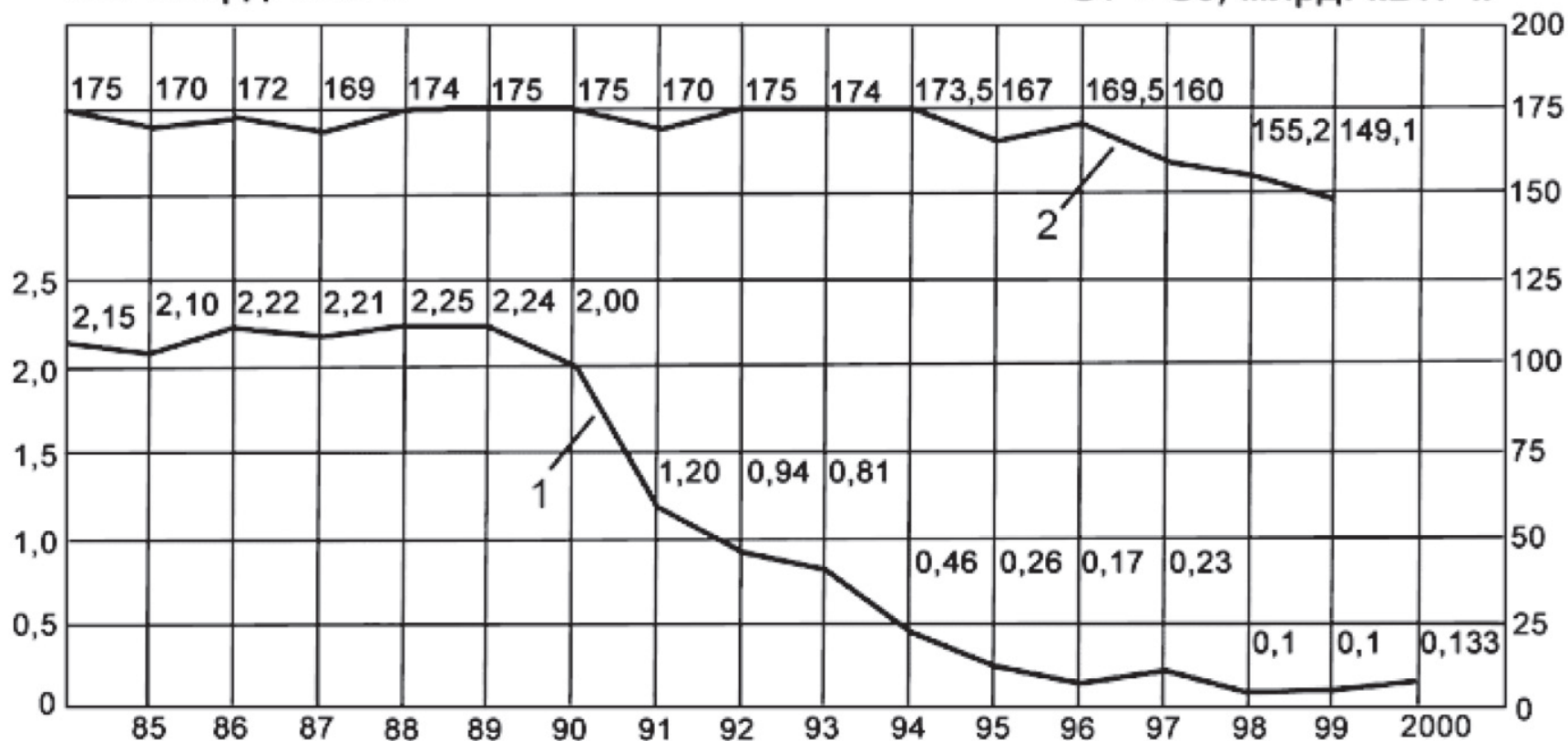


Частотные диапазоны динамических характеристик процессов в энергообъектах

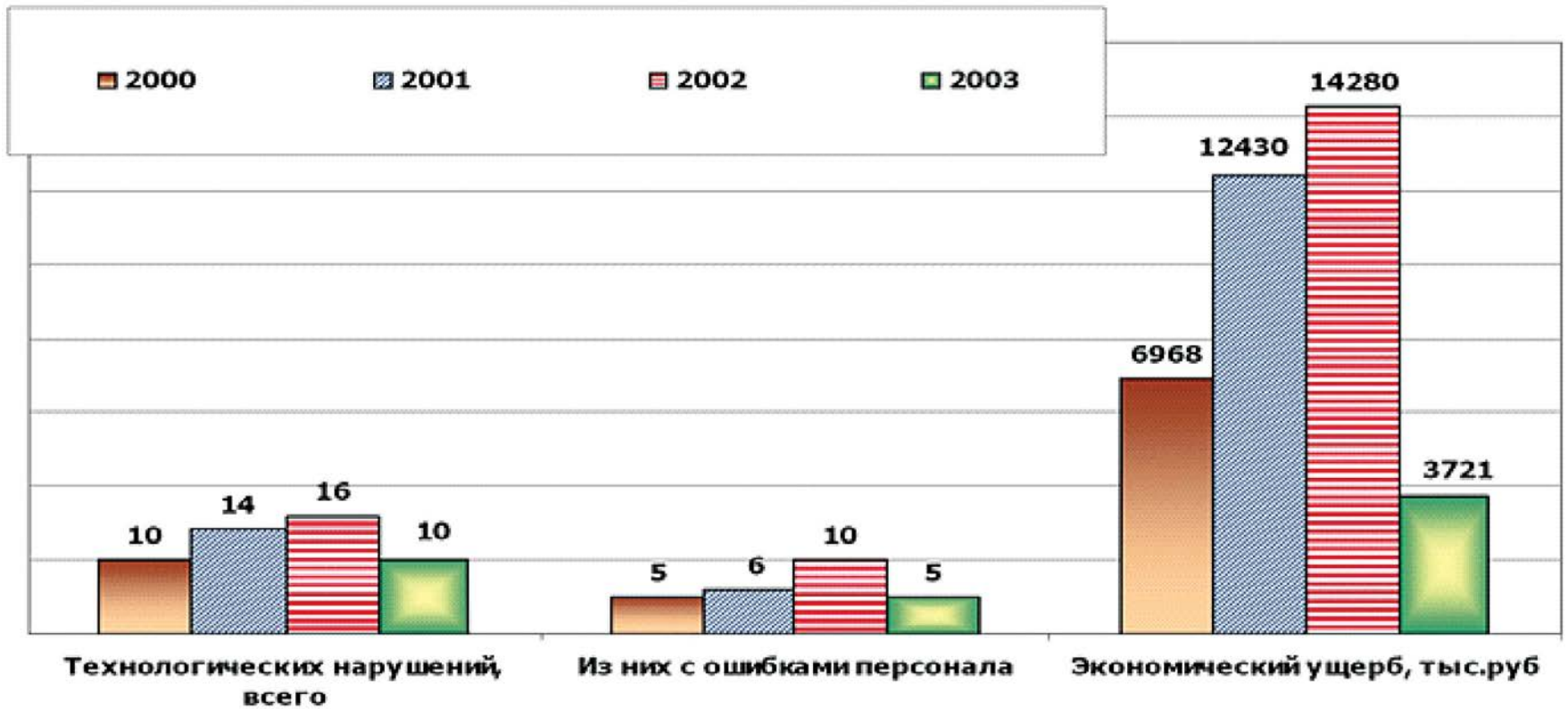
Н.Винер: «...событие, при котором система, начавшая свой процесс с неизвестного состояния, закачивает его в строго определенном статическом диапазоне, бывает настолько редко, что мы можем считать это чудом. Очевидно, мы не можем основывать наши экспериментальные методы на ожидании и счете чудес».

ОВП/млрд. кВт.ч.

Эт + Ээ, млрд. кВт. ч.



Изменение количества отказов по вине персонала в Мосэнерго за период 1984 – 1999 гг. и первое полугодие 2000 г. (данные по отчетности Мосэнерго), где: 1 – ОВП – количество отказов по вине персонала, приходящееся на выработку одного млрд.кВт·ч тепловой и электрической энергии; 2 – Эт + Ээ – суммарная выработка тепловой и электрической энергии на электростанциях Мосэнерго, млрд.кВт·ч; 1984 – 1989 гг. – период внедрения системы тренажерной подготовки на электростанциях и в сетях Мосэнерго.



Показатели эффективности внедрения тренажерной подготовки персонала на Харанорской ГРЭС в 2002 году (Данные Департамента генеральной инспекции РАО «ЕЭС России» за 2000 - 2003 гг.)

Таким образом, разработанная система единичных показателей (критериев) качества тренажерной техники позволяет определить интегральный показатель - *индекс уровня качества тренажера*, то есть определить способность тренажера удовлетворять установленные и предполагаемые потребности потребителя.

Разработанная в ЗАО «ТЭСТ» современная интегрированная система обучения и тренажа, а также внедренные системные принципы научной методологии разработки тренажеров и АУК и их программная реализация позволяют с большой степенью успешности решить на электростанциях и сетевых предприятиях отрасли задачу обеспечения надежности и безопасности профессиональной деятельности оперативного и обслуживающего персонала.

Спасибо за внимание!

АО «Тренажеры электрических станций и сетей»

Контакты:

**117587, Россия, г. Москва,
Варшавское шоссе, д.125Ж6**

Тел.: (495) 665-76-00

Тел./факс: (495) 382-79-74

e-mail: magid@testenergo.ru

<http://www.testenergo.ru>