



ПОДГОТОВКА КАДРОВ

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО И ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Д.т.н. Архипова Е.Н.¹, к.г.н. Вивчар А.Н.², к.т.н. Загретдинов И.Ш.³, д.т.н., проф. Магид С.И.¹ (ЗАО «ТЭСТ» – НП «СПЭ» – ОАО «Группа Е4» – TEST UNESCO)

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены вопросы тренажерной подготовки оперативного и обслуживающего персонала современной электроэнергетики. Определена концепция тренажерной подготовки, требования к современной интегрированной системе обучения, определены ее цели и структура. Приведены основные принципы научной методологии разработки современных тренажеров и автоматизированных учебных курсов, программно-технической платформы тренажеров. Рассмотрена реализация технических средств обучения (ТСО) на объектах генерации РФ, характеристики качества ТСО, определен индекс уровня качества тренажеров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: человеческий фактор, технические средства обучения, тренажерная подготовка, система обучения, программный комплекс, научная методология, человек-оператор, энергетическое оборудование.

Современная проблема взаимоотношения человека и техники, заключающаяся в основном противоречии между все усложняющейся техникой и неизменными с древности свойствами и возможностями человека, приводит к значительному увеличению влияния «человеческого фактора» на общую надежность человеко-машинных систем. Сегодня «человеческий фактор» в человеко-машинных системах является одной из самых главных, основополагающих проблем нового века, решению которой посвящены многочисленные разработки, направленные на качественное улучшение пропорций во взаимодействии «человек-машина» в сторону человека, путем его специальной подготовки (тренажа) [1].

В данной статье авторы попытались дать ответы на актуальнейшие вопросы современного состояния и перспективы подготовки оперативного и обслуживающего персонала электроэнергетики в условиях мирового экономического кризиса и изменившейся институциональной среды с целью обеспечения надежности и безопасности электростанций, сетевых предприятий и надежности профессиональной деятельности.

Мировой экономический кризис и проблемы энергообеспечения. Энергетика России и роль «человеческого фактора».

По мнению членов экспертного сообщества, мировой экономический кризис выявил противоречия между состоянием современной энергетики и потребностями общественного развития [2]. Рост цен на углеводороды в 2001÷2008 гг. сопро-

вождал экономический подъем и стал одним из факторов его удушения. Отстаиваемые западными властями и корпорациями альтернативные источники энергии не удешевляют ее и не улучшают сложившееся положение. Между тем снижение стоимости генерации является одним из принципиальных условий преодоления глобального кризиса.

Ситуацию глобального энергетического тупика характеризует, с одной стороны, исчерпание экономического ресурса нефтегазовой энергетики, с другой, наличие альтернатив, неспособных в ближайшей перспективе обеспечить качественное развитие энергетики.

Главной чертой новых решений в энергетике должно быть снижение стоимости генерации, а также повышение ее надежности по сравнению с нынешней. Важной является также возможность получения значительно большего количества энергии. Вторичным по значению является снятие географических ограничений для работы новых генерирующих устройств по преобразованию солнечной, геотермальной, ветровой энергии и энергии приливов. Дополнительный характер имеет потребность в способах беспроводной передачи электричества в большом количестве и на значительные расстояния. Вместе с тем для повышения производительности труда бесперебойная поставка дешевой электрической энергии имеет решающее значение. Но любые серьезные и принципиальные изменения в энергетике ставятся под сомнение из-за господства существующих сырьевых и энергетических монополий.

Поиск новых универсальных экономически выгодных технологий, какой когда-то была атомная энергетика, мало интересует в настоящее время мировые правительства. Внимание общества от-

¹ 117587, Москва, Варшавское ш., 125Ж, корп. 6 (495) 665-76-00

² 123290, г. Москва, 1-й Магистральный тупик, д. 5А

³ 123610, г. Москва, Краснопресненская наб., 12



влекается от кризиса в энергетике, предлагаются и внедряются не имеющие серьезного экономического значения альтернативы. В связи с этим население стран с крупными запасами нефти, газа и угля вправе сегодня спросить, почему с каждым годом электричество дорожает, а не становится дешевле. Характерно, что даже развитие атомной генерации не смягчает этой проблемы и, вероятно, не в состоянии снять ее в ближайшие десять лет.

Среди развитых стран мира Россия имеет самую высокую общую и особенно душевую обеспеченность сравнительно дешевыми энергоресурсами: на девятой части суши находится до 15% разведанных мировых запасов топлива, но проживает лишь 2,2% населения планеты. Это объективно определяет большую экспортную составляющую российской топливной энергетики [3].

Россия – одна из наиболее холодных стран, поскольку расположена в основном выше 55 градусов северной широты, и 65% ее территории занимает вечная мерзлота. По сравнению с Центральной Европой холодный климат на 20% увеличивает расходы энергии на освещение и отопление помещений и на 20÷25% удорожает освоение энергетических ресурсов. Эти отягчающие факторы еще на 5÷10% усугубляет самая большая в мире протяженность грузовых и пассажирских перевозок – до 9 тысяч км с запада на восток и 3 тысячи км с юга на север. На 98% их осуществляет наиболее дорогой сухопутный транспорт (железнодорожный, трубопроводный и автомобильный) при очень низкой плотности населения и энергетической инфраструктуре – соответственно в 4 и 7 раз меньше, чем в США.

Отчасти по этим причинам, но главным образом из-за чрезмерной ресурсной ориентации и плохой организации экономики при нарастающем технологическом отставании, Россия потребляет 5,6% мировых энергоресурсов, а энергоемкость ее валового внутреннего продукта (ВВП) в 5 раз выше среднемировой и в 8 раз больше, чем в развитых странах. В сочетании с экспортной ориентацией энергетики (вывозится до половины производимых энергоресурсов) ее нагрузка на экономику вчетверо выше среднемировой: капиталовложения в энергетику превышают 4% от ВВП при 1,3% по миру в целом.

Глобальный кризис, начавшийся в 2008 году, повлек ощутимый спад (по ВВП самый глубокий из 20 ведущих стран мира) и заметно ухудшил перспективы развития энергетики России. Тяжесть кризиса объясняется, прежде всего, проводившейся государством почти 20 лет политики дотирования перестраивающейся экономики страны с помощью низких тарифов на энергию и попустительством задержек ее оплаты. Это породило острое недофинансирование электроэнергетической отрасли – в десять раз сократился ввод новых мощностей, а износ оборудования достиг угрожающих размеров: половина электрических мощностей и до 60% элек-

трических сетей страны выработало свой парковый ресурс и нуждается в замене. Доля наиболее совершенных парогазовых электростанций пока еще мала. Потери в тепловых сетях достигают до 30%, а в электрических достигают 13%, при средневропейском уровне около 5%. Для замены выработавших свой срок электростанций в предкризисное пятилетие нужно было ежегодно вводить 7÷8 ГВт мощности при фактических вводах около 1 ГВт. После реформирования отрасли положение начало было выправляться, но ценой такого повышения тарифов для потребителей, что государство стало «вручную» ограничивать их рост.

В сложившихся условиях, а именно – в условиях катастрофического износа оборудования электро и теплогенерации и оборудования тепловых и электрических сетей РФ надежность и безопасность их работы, естественно, снижается. С учетом того факта, что в настоящее время аварийность на опасных производственных объектах (в том числе на электростанциях и сетевых предприятиях) в более чем 70% случаев определяется так называемым «человеческим фактором» [4], вопрос подготовки (тренажа) оперативного и обслуживающего персонала приобретает первостепенное значение.

Концепция тренажерной подготовки персонала. Федеральное законодательство и подзаконные акты (отраслевое нормирование).

Подход и обучение оперативного персонала энергопредприятий с помощью тренажеров базируется на следующей концепции [5]:

- цель обучения оперативного персонала на тренажерах как при формировании профессии, так и при восстановлении квалификации – овладение навыками оперативной деятельности в нестационарных, аварийных и нормальных режимах, обеспечивающих наилучшие показатели работы оборудования и его сохранность; формируемые при этом знания должны служить только задаче принятия наилучших решений при управлении оборудованием;

- важнейшими составляющими формируемых навыков считаются навыки принятия оперативных решений;

- для наиболее эффективного формирования навыков оперативной деятельности и знания технологического оборудования и режимов его эксплуатации целесообразно комплексное использование *тренажеров и обучающих программ* – автоматизированных учебных курсов (АУК).

В статье 21 Федерального закона «Об электроэнергетике» от 26.03.03 № 35-ФЗ указано, что Правительство Российской Федерации или уполномоченные им федеральные органы исполнительной власти утверждают единые аттестационные требования к лицам, профессиональная деятельность которых связана с оперативно-



диспетчерским управлением в электроэнергетике, и порядок проведения их аттестации.

Постановлением Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике» от 27.12.04 № 854 определено, что Ростехнадзор проводит аттестацию лиц, профессиональная деятельность которых связана с оперативно-диспетчерским управлением в электроэнергетике. На практике эта норма не реализована.

Порядок подготовки и проверки знаний норм и правил персонала, осуществляющего свою деятельность в области энергетики, определен в двух документах, утвержденных приказами Минэнерго России: «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» от 13.01.03 № 6 и «Об утверждении Правил работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации» от 19.02.00 № 49.

В соответствии с этими документами специалисты, принимаемые для работы на энергоэлектроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. Для обеспечения требуемого профессионального уровня в каждой организации должны функционировать специализированные образовательные учреждения (учебно-курсовой комбинат, центр (пункт) *тренажерной* подготовки и др.). На практике указанная норма реализована далеко не достаточно.

Одним из основных факторов успеха формирования *системы управления знаниями* компаний является нормативное обеспечение работы с персоналом. Современное состояние отраслевого нормативного обеспечения характеризуется следующим [6]:

- «Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации» (Приказ Минтопэнерго РФ от 19 февраля 2000 г. N 49) определяют лишь общую организацию профессионального обучения. Их требования реализуются через инструкции и положения, а также организационно-распорядительные документы, действующие в энергетических компаниях. Зафиксированные в них требования не соответствуют изменившейся институциональной среде, современным подходам к работе с персоналом и являются, по сути, *тормозом* в развитии системы профессионального обучения;

- не разработана *система доведения информации* до оперативного персонала *об авариях* и опыте управления энергетическими установками в нештатных и аварийных режимах;

- отсутствует четкая регламентация *тренажерной подготовки* и требования к *аппаратно-программным средствам* ее обеспечения.

Новая редакция «Правил работы с персоналом».

В конце 2011 г. Министерством энергетики Рос-

сийской Федерации предпринимается ряд мер по разрешению обозначившихся проблем.

В соответствии с Приказом Минэнерго от 19.08.2011 г. №359 была создана рабочая группа для подготовки новой редакции «Правил работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации». В конце 2011 г. группа подготовила и представила для утверждения в установленном порядке текст Правил в новой редакции. В подготовке текста Правил приняли участие представители всех блоков управления крупных энергетических компаний, таких как ОАО «Газпром Энергохолдинг», ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС», ОАО «РусГидро», ОАО «СО ЕЭС», ОАО «Холдинг МРСК», ОАО «ФСК ЕЭС». Разработанный текст Правил обсуждался на трех конференциях отраслевого масштаба. Более 50 уточнений и исправлений в него было внесено по результатам обсуждения на форуме, открытом на сайте Корпоративного энергетического университета (КЭУ). Таким образом, текст Правил прошел через процедуры широкого обсуждения в профессиональном сообществе и в настоящее время направлен в Федеральные органы власти для согласования.

Государственная информационная система топливно-энергетического комплекса (ГИС ТЭК).

Существующий со времени развала СССР «информационный вакуум» в энергетике надо полагать будет ликвидирован с вводом в эксплуатацию государственной информационной системы топливно-энергетического комплекса (ГИС ТЭК) (Федеральный закон РФ от 3 декабря 2011 г. №382-ФЗ).

Целью закона о ГИС ТЭК [7] является создание правовых и организационных основ для обеспечения государственных органов, заинтересованных организаций и граждан информацией о состоянии и прогнозе развития топливно-энергетического комплекса, в том числе (ст. 10 ФЗ-382):

- информация о технических характеристиках оборудования, в том числе о техническом состоянии данного оборудования и применяемых на нем технических устройствах и средствах измерений (часть 10);

- информация в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (часть 15);

- информация об организациях, осуществляющих научно-исследовательскую, научно-техническую, инновационную, образовательную деятельность, о проводимых и планируемых ими научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических работах (часть 16);

- информация об объеме, о номенклатуре, технических характеристиках оборудования и материалов, производимых на территории РФ или импортируемых в РФ (часть 17);

- информация о состоянии энергетики ино-



странных государств, мирового рынка энергетических ресурсов, о международных системах транспортирования энергетических ресурсов, развитии энергетических технологий за рубежом (часть 18);

- информация о прогнозе развития направлений функционирования (отраслей) топливно-энергетического комплекса Российской Федерации, направлений функционирования (отраслей) топливно-энергетических комплексов иностранных государств, в том числе их технологического развития, прогнозе энергетической безопасности Российской Федерации, субъектов Российской Федерации (часть 19);

- информация о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, об инцидентах или авариях, создающих угрозу безопасности на объектах топливно-энергетического комплекса (часть 20);

- информация об обеспечении соблюдения требований охраны труда и об условиях труда, а также о производственном травматизме на объектах топливно-энергетического комплекса (часть 21).

Актуальность и значение закона №382-ФЗ трудно переоценить в связи с тем, что получаемая в настоящее время информация об аварийности в энергетике, от частных (да и государственных) компаний, является, как правило, неполной, укрупненной, дается в разном формате, без привязки к объектам или причинам, без оценки последствий отказов и времени восстановления; более того используются разные критерии учета технологических нарушений. На основе такой информации невозможно сформулировать исчерпывающие данные о надежности оборудования и подготовить оперативный и обслуживающий персонал к отражению аварийных угроз и ремонтным работам.

Кроме того, информация о технических характеристиках оборудования, применяемых на нем средствах автоматизации и измерений, оперативные схемы и инструкции по эксплуатации поставляются заказчику энергооборудования отечественными и зарубежными проектными организациями и заводами изготовителями зачастую в неполном, усеченном виде или вообще не поставляются, что вызывает значительные трудности при пуске и освоении вновь вводимого энергетического оборудования и разработке тренажерной техники для подготовки оперативного и обслуживающего персонала.

Единственным, вызывающим сожаление, является тот факт, что требования части 1 статьи 11 ФЗ 382 (об обязанности безвозмездного представления необходимой информации для включения в ГИС ТЭК) применяются с момента ввода ГИС ТЭК, но не ранее 1 января 2013 г. для федеральных органов исполнительной власти и 1 января 2014 г. для органов исполнительной власти

субъектов РФ, юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

Обеспечение надежности и безопасности электростанций, надежности профессиональной деятельности и тренажерная подготовка персонала.

Основные направления обеспечения надежности электростанций включают: повышение надежности оборудования и безопасности потенциально опасных объектов, повышение степени автоматизации, работа с персоналом, структурное резервирование общих технологических систем (главная схема соединений, система собственных нужд, система топливоснабжения и подачи питательной и циркуляционной воды), совершенствование средств защиты и сигнализации [8]. При этом ТЭС характеризуется большим количеством напряженных элементов с большой концентрацией энергии, повышенной пожаро- и взрывоопасностью, соответственно большое значение имеет мониторинг и техническая диагностика состояния оборудования (элементов). Дополнительной особенностью ТЭС является взаимосвязанность выработки тепла и электроэнергии, что увеличивает риски проявления ненадежности. Для генерирующих компаний, имеющих ТЭС, одной из главных задач обеспечения надежности их работы является бесперебойное топливообеспечение.

Общими для электростанций всех типов являются требования живучести системы собственных нужд при снижении частоты в энергосистеме и/или напряжения на шинах электростанции, удержания агрегатов (блоков) в работе после сбросов/набросов нагрузки, в том числе с отключением от сети, динамическая устойчивость при расчетных (нормативных) возмущениях, которая для крупных электростанций, как правило, обеспечивается с помощью противоаварийной автоматики (ПАА), действующей при наиболее тяжелых возмущениях и в ремонтных схемах.

Кроме того, требуется управляемость генерирующего оборудования, которая определяется его маневренностью (количеством циклов «пуск-останов», регулировочными диапазонами для управления в нормальных и аварийных режимах, реакцией на кратковременное интенсивное разгружающее воздействие, сохранением в работе при отключении от сети), а также степенью ее эффективного использования, главным образом, за счет автоматизации и соответственной работы с персоналом.

Исходя из перечисленных выше задач и требований в области обеспечения надежности профессиональной деятельности необходима разработка и внедрение эффективной методики подбора и подготовки кадров, создание субъектами собственных систем профессиональной подготовки, переподготовки, поддержания и повышения квалификации персонала, разработка методического



и правового обеспечения системы подготовки и аттестации персонала, совершенствование и внедрение программных средств обучения и тестирования знаний.

Важным аспектом подготовки оперативного персонала является психофизиологическая тренировка, а современным инструментом – полномасштабные тренажеры, воспроизводящие характеристики объекта управления и штатный оперативный человеко-машинный интерфейс. В новых условиях необходимо предусмотреть проведение совместных противоаварийных тренировок оперативного персонала разных субъектов. Необходимо разработать и внедрить единые аттестационные требования к лицам, осуществляющим профессиональную деятельность, связанную с оперативным управлением.

Предстоит пересмотр действующих правил, инструкций, методических указаний по надежной и безопасной организации управления, эксплуатации, обслуживания, ремонта, строительства, монтажа и наладки энергооборудования и энергообъектов, в том числе тренажерной подготовки оперативного и обслуживающего персонала и требований к техническим средствам обучения (тренажерам и автоматизированным обучающим курсам – АУК).

В соответствии с регламентацией на ответственных объектах (крупные электростанции и подстанции) должна быть предусмотрена система управления производственной безопасностью, включающая систему внутреннего контроля и систему управления надежностью профессиональной деятельности.

Требования к современной интегрированной системе обучения оперативного и обслуживающего персонала. Цели и структура системы обучения.

В соответствии с научно-техническими требованиями и представлениями 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 персона-

ла, а также к изменяющейся структуре и условиям эксплуатации энергооборудования.

Подробное рассмотрение разделов требований к современной интегрированной системе обучения и тренажа приведено в [4].

Анализ оперативной деятельности операторов энергоустановок показал, что оператор должен иметь:

- определенный объем теоретических знаний, необходимых для понимания оперативных ситуаций, возникающих при эксплуатации оборудования;
- навыки и умения: обнаружения, опознавания и идентификации сигналов, логического мышления, т.е. навыки построения причинно-следственных связей между теми или иными значениями параметров и положением исполнительных органов регулирующей аппаратуры (как систем автоматического, так и дистанционного управления), дистанционного управления (регулирования) технологическими параметрами, взаимодействия с аппаратурой автоматического регулирования, взаимодействия с аппаратурой, входящей в состав вычислительного комплекса.

Исходя из вышеизложенного, целесообразно организовать процесс подготовки оператора следующим образом [9]:

ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ:

Автоматизированные учебные курсы (АУК) на базе ПЭВМ позволяют обучаемому усвоить принципы устройства и действия энергетического оборудования, особенности его эксплуатации, получить знания и понятийные навыки управления этим оборудованием.

ВТОРОЙ УРОВЕНЬ:

Комплексный тренажер с полномасштабной имитацией рабочего места оператора и всережимными физическими моделями всего энергообъекта, позволяющими реализовать полученные на предыдущем уровне знания и навыки, осуществлять процесс обучения, используя практически любое, необходимое количество параметров и возмущающих воздействий при адекватной имитации поведения энергоустановки в режиме реального, ускоренного и замедленного времени.

При этом обучаемый должен усвоить и закрепить навыки и умения:

- взаимодействия с интерфейсом АСУ ТП, средствами управления, включая навыки считывания показаний, первоначальной классификации и обработки полученной информации;
- построения причинно-следственных связей между отклонениями тех или иных параметров от нормы, а также состоянием табло сигнализации или мнемосимволами с причинами этих отклонений;
- построение плана ликвидации тех или иных отклонений от нормы;
- управление технологическим процессом в не-

стационарных режимах (пуск, останов, предаварийные и аварийные ситуации).

Требования к современным тренажерам и автоматизированным учебным курсам (АУК) для подготовки персонала энергетики.

Системные принципы научной методологии при разработке тренажеров и АУК.

Современное тренажеростроение при научно-методологической постановке задач моделирования объекта управления, анализа и синтеза подсистем тренажера, должно руководствоваться системными принципами единства функционально-целевых и причинно-следственных отношений модели и объекта с целью создания системы моделей и представлений, единых для разработчика тренажера и пользователя.

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.

Принцип единства причинно-следственных отношений модели и объекта характеризует методологию разработки тренажера, а именно, системно-эргономический подход, обеспечивающий системную адекватность тренажера объекту-прототипу.

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 ИТ-тренажера позволяет

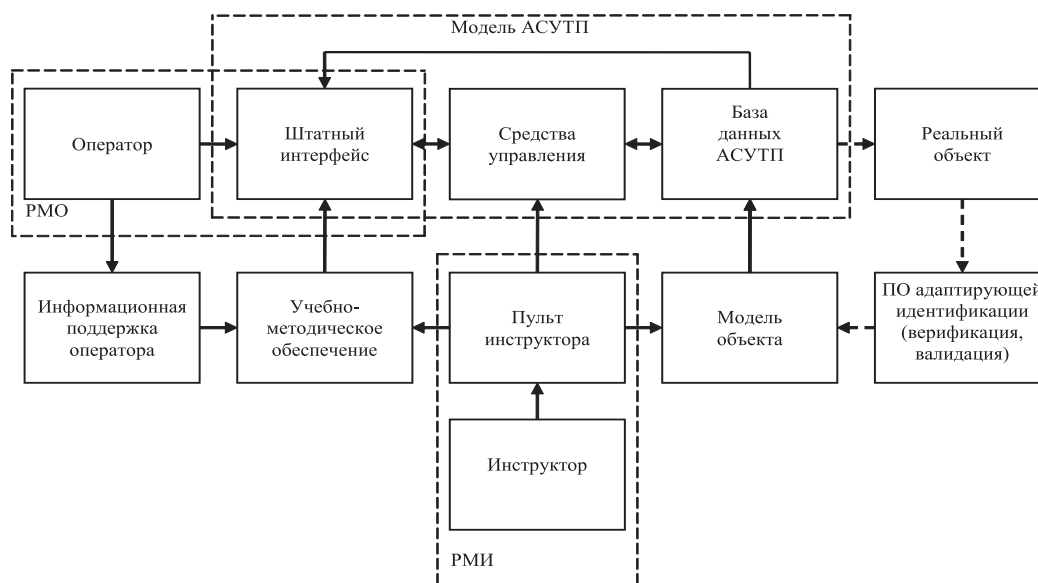


Рис. 1. Структурная схема ИТ-тренажера ЗАО «ТЭСТ».

обозначения: РМО – рабочее место оператора, РМИ – рабочее место инструктора.



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.

Таким образом, современный IT-тренажер должен состоять из следующих блоков (см. рис. 1):

- 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).

Внедрение научной методологии в структуру образовательного процесса электроэнергетики подразумевает два аспекта: первый – разработка современных всережимных и полностью адекватных объекту регулирования IT-тренажеров, соответствующих целевой функции человеко-машинной системы, методология создания которых соответствует системно-эргономическому подходу, и второй – разработка автоматизированных учебных курсов и учебно-методического обеспечения процесса тренажерной подготовки, соответствующих современным научно-педагогическим подходам.

С точки зрения современной науки внедряемая система программно-технических средств синтезирует 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 прак-

тика, 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.

Программно-техническая платформа тренажеров ЗАО «ТЭСТ»

Ядро разработки приложений тренажеров, созданное ЗАО «ТЭСТ» (зарегистрированная в Федеральном институте промышленной собственности – ФИПС программная тренажерно-моделирующая среда энергетических объектов STE (Simulative training environment) [10]), 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 связи 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;
- 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 пе-

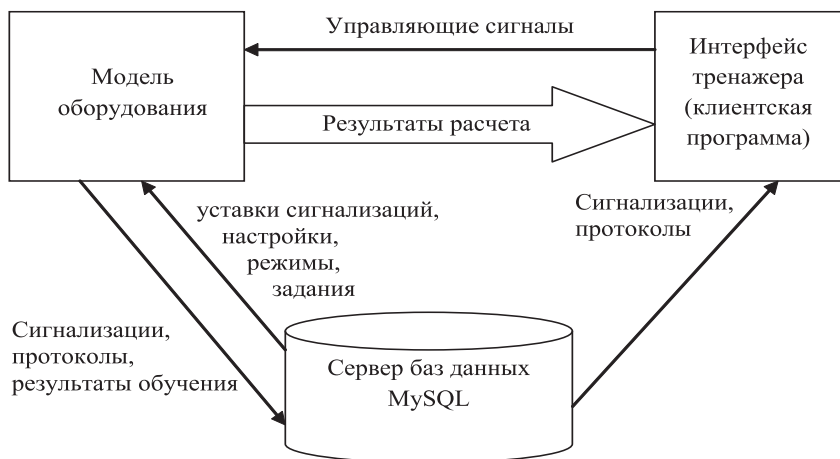


Рис. 2. Схема программного комплекса типового тренажера.

реговоров;

- 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.

Для коллективной работы над проектами используется система контроля версий Subversion (SVN). Использование системы контроля версий позволяет быстро и качественно объединять изменения, сделанные разработчиками и, таким образом, каждый разработчик всегда работает с актуальной версией проекта.

Архитектура типового программного комплекса тренажера

Тренажер построен по трехуровневой схеме (рис. 2):

1. Сервер баз данных MySQL (БД).
2. Сервер, моделирующий оборудование энергоблока (модель).
3. Клиентская часть отображения текущего состояния модели (тренажер).

Такая трехуровневая организация позволяет проводить:

1. 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 (рис. 3).

2. 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 (рис. 4).

Компоненты архитектуры

Сервер баз данных используется для:

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

Моделирующий сервер решает следующие задачи:

1. рассчитывает текущее состояние оборудо-

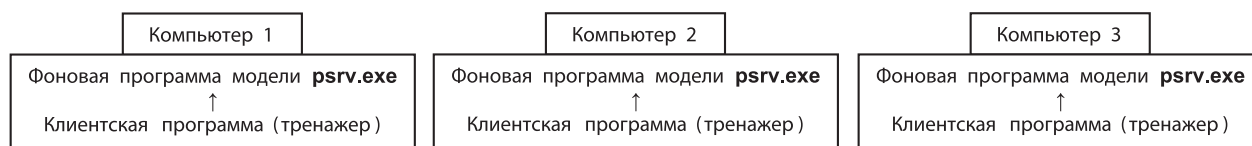


Рис. 3. Индивидуальное обучение персонала.

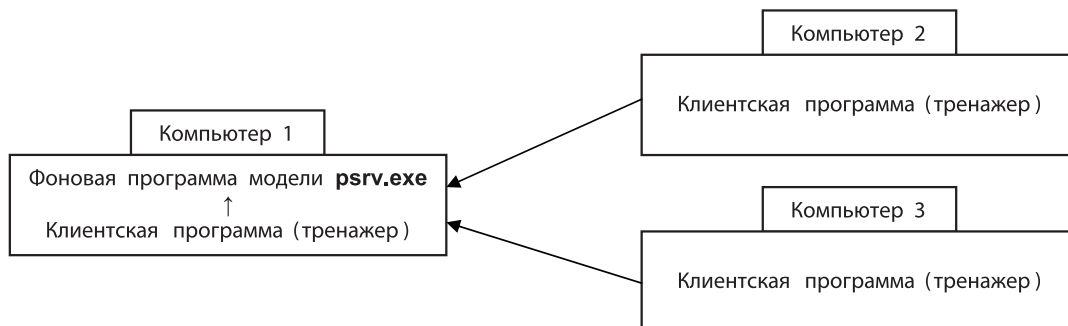


Рис. 4. Групповое обучение персонала.



вания объекта моделирования с заданной периодичностью (несколько раз в секунду);

2. передает в тренажер результаты расчета модели оборудования необходимые для отображения на мнемосхемах;

3. проверяет условия ввода/вывода/срабатывания сигнализаций и фиксирует сработавшие сигнализации в БД;

4. оповещает тренажер о произошедших изменениях в сигнализациях;

5. получает управляющие воздействия тренажера и производит их обработку;

6. фиксирует в БД результаты обучения (выполненные задания и допущенные ошибки, произведенные действия).

Клиентская программа тренажера:

1. предоставляет обучаемому интерфейс воздействия с мнемосхемами;

2. отображает результаты расчета модели на мнемосхемах;

3. позволяет управлять арматурой и механизмами аналогично эмулируемой АСУТП;

4. начитывает и отображает сработавшие сигнализации из БД при наличии соответствующего оповещения от модели.

5. реализует необходимые для обучения функции:

- загрузку и сохранение заданий;
- загрузку и сохранение режимов работы оборудования;

- задание вводных о неисправностях оборудования;

- ускорение процессов расчета относительно реального времени;

- отображение протоколов, отчетов, оценок;

- отображение графиков изменения параметров модели.

Таким образом, 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.

Реализация технических средств обучения (ТСО) на объектах генерации РФ.

В соответствии с «Планом работ по основным направлениям на 2011 г. и на перспективу» Экспертной группы Совета по энергетической безопасности и технологической надежности (ЭБТН) Некоммерческого партнерства «Совет производителей электроэнергии и стратегических инвесторов электроэнергетики» (НП «СПЭ»), утвержденным Председателем Совета Межевичем В.Е., было принято решение о разработке Государственного стандарта «ГОСТ Р. Информационные

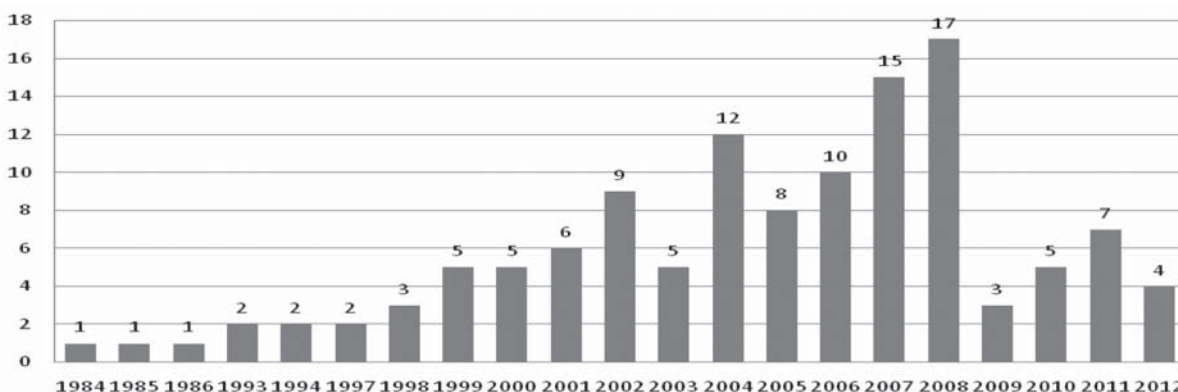


Рис. 5. Количество внедренных тренажеров генерации по годам.

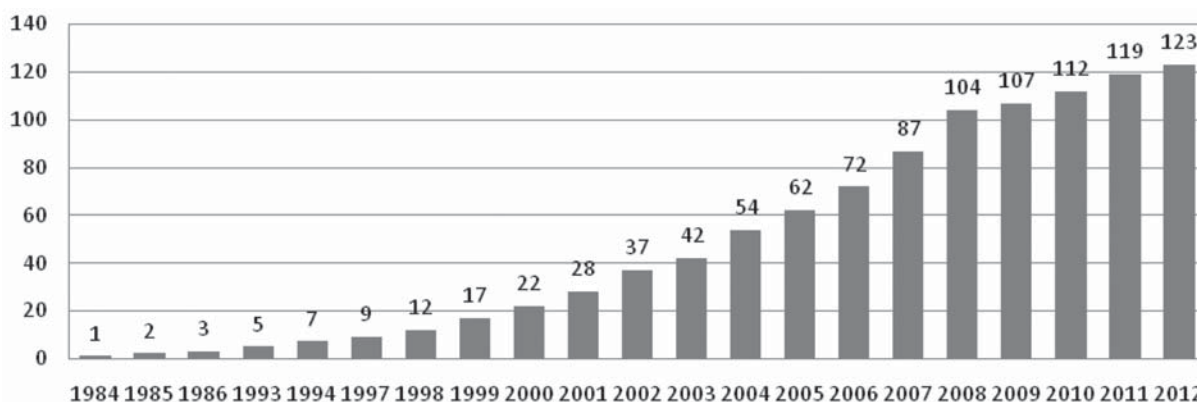


Рис. 6. Количество внедренных тренажеров генерации нарастающим итогом по годам.

Таблица 1. 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 переменными 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%

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 60 показателей).

Результаты опроса в настоящее время обрабатываются в экспертной группе Совета ЭБТН НП «СПЭ». Некоторые количественные результаты первичной обработки приведены на рисунках 5, 6 и в таблице 1.

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.

Из анализа рис. 5 следует, что в предкризисное пятилетие в генерации РФ вводилось в среднем по 12 тренажеров в год, после кризиса 2008 г. темп вводов тренажеров сократился в среднем до 5 тренажеров в год.

Охвачено тренажерной подготовкой 73 объекта генерации, что составляет менее 10% от общего числа электростанций (суммарное количество тренажеров – 123 шт., см. рис. 6).

На российском рынке (см. таблицу 1) работают 17 фирм-производителей тренажеров для электрогенераций (отечественных и зарубежных). Из них:

- 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.

Из анализа таблицы 1 следует, что по количественным показателям лидирующее положение в области реализации тренажеров для генерации электроэнергетики РФ занимает фирма «Тренажеры электрических станций и сетей» (ЗАО «ТЭСТ»): так, например, тренажеры традиционных энергоблоков, разработанные и внедренные на объектах генерации указанной фирмой, составили 58% от общего числа тренажеров данного типа, тренажеры станций с поперечными связями – 63%, локальные тренажеры котлов, турбин – 50%, тренажеры для персонала электроцеха – 67%, тренажеры для ПГУ – 23%, и т.д. (см. рис. 7÷10). При этом следует учесть, что фирма ЗАО «ТЭСТ» первая в РФ с 1978 г. начала разработку и внедрение тренажеров для оперативного персонала и ее полномасштабный тренажер теплофикационного энергоблока мощностью 250 МВт, введенный в действие в 1984 г., успешно работает на ТЭЦ-25 Мосэнерго до настоящего времени.

Характеристики качества технических средств обучения.

Существенной частью технического обследо-

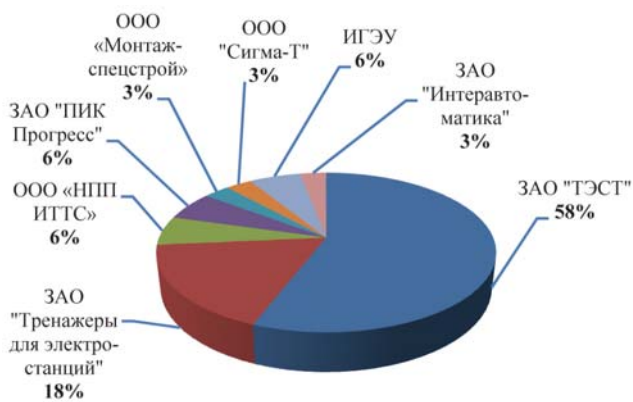


Рис. 7. Тренажеры традиционных энергоблоков.

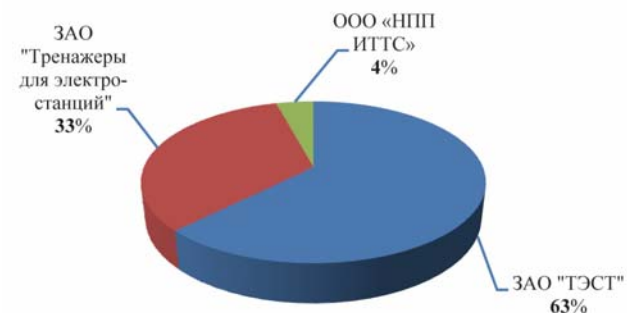


Рис. 8. Тренажеры станций с поперечными связями.

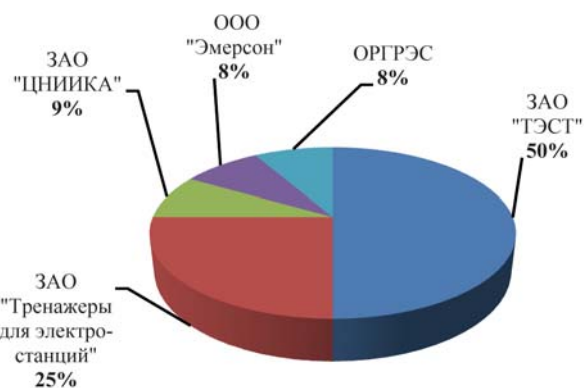


Рис. 9. Локальные тренажеры котлов, турбин и т.д.

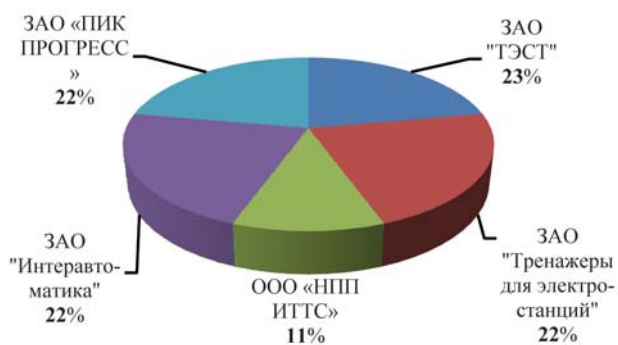


Рис. 10. Тренажеры ПГУ.

вания современного состояния ТСО на объектах генерации отрасли является проведение экспертизы с целью выявления качественных характеристик тренажерной техники, определяющих ее эффективность при подготовке оперативного и обслуживающего персонала.

В общем случае потребителям необходима продукция, характеристики которой удовлетворяют их потребности и ожидания. Эти потребности и ожидания отражаются в технических условиях на продукцию и в совокупности считаются требованиями потребителей. Требования могут быть установлены потребителем в контракте или определены самой организацией. В обоих случаях приемлемость продукции, в конечном счете, устанавливает потребитель. Поскольку потребности и ожидания потребителей постоянно меняются, и организации испытывают давление, обусловленное конкуренцией и техническим прогрессом, они должны постоянно совершенствовать свою продукцию.

Современное определение термина «качество» приводится в международном стандарте 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) [11] 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).

Для выражения превосходной степени в сравнительном или в количественном смысле при проведении технических оценок термин «качество» не используется изолированно. Чтобы выразить эти значения, необходимо применять качественное прилагательное или уточняющее дополнение. Например, могут использоваться следующие термины:

а) «относительное качество», когда объекты классифицируются в зависимости от степени их превосходства или в сравнительном смысле;

б) «уровень качества» в количественном смысле (применяется при статистическом приемочном контроле) и «мера качества», когда проводятся точные технические оценки.

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 :

$$P_k = \sum_{1}^n P_n,$$

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

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;

P_{21} – определение ТЭП;

P_{22} – автоматизированные сценарии тренировок (АСТ);

P_{23} – система поддержки оператора (СПО).

Требования к рабочему месту инструктора:

P_{24} – формирование рабочих заданий;

P_{25} – задание внутренних возмущений;

P_{26} – задание внешних возмущений;

P_{27} – задание возмущений с потерей геометрии;

P_{28} – останов процесса;

P_{29} – возврат к исходному состоянию;

P_{30} – система поддержки инструктора;

P_{31} – статистика по обучаемым.

Автоматическая контролирующая программа:

P_{32} – контроль и протоколирование действий оператора;

P_{33} – контроль и протоколирование количества и типа ошибок;

P_{34} – контроль и протоколирование аварийной и предупредительной сигнализации;

P_{35} – контроль и протоколирование действия защит и блокировок;

P_{36} – фиксация отклонений и графиков основных параметров.

Требования к программному обеспечению:

- *идентификация программного обеспечения*:

P_{37} – комплект эксплуатационной документации;

P_{38} – наименование и обозначение программного продукта;

P_{39} – версия программного продукта;

P_{40} – свидетельство о государственной регистрации;

P_{41} – лицензионная чистота;

P_{42} – контрольные формуляры.

- *информационная совместимость и безопасность*:

P_{43} – устойчивость к некорректным входным данным;

P_{44} – устойчивость к некорректным управляющим воздействиям пользователя;

P_{45} – поддержка открытых форматов для им-



порта и экспорта данных и создания отчетов;

P_{46} – корректная обработка календарной даты и времени;

P_{47} – совместимость внешняя;

P_{48} – безопасность для компьютерного оборудования.

- общие требования к программному обеспечению:

P_{49} – обновляемость программного обеспечения;

P_{50} – наладка и коррекция программного обеспечения через интернет;

P_{51} – оптимизация программного обеспечения.

Общие требования к тренажеру:

P_{52} – комплексность;

P_{53} – работа в сети;

P_{54} – конфигурация тренажера;

P_{55} – условия пуска-останова и ввода-вывода информации.

Разрешительная документация:

P_{56} – сертификация соответствия;

P_{57} – сертификация безопасности;

P_{58} – сертификация качества;

P_{59} – аккредитация;

P_{60} – лицензирование.

Таким образом, при $n = 60$ и условии, что каждый единичный критерий качества $P_n = 10$, общий «индекс уровня качества» тренажера составит:

$$P_k = \sum_{n=1}^{n=60} P_n (10) = 600,$$

то есть максимальный нормированный «индекс уровня качества» тренажера равен 600 баллам.

Краткое описание критериев индекса уровня качества тренажера.

Требования к модели энергообъекта.

Адекватность математической модели современного тренажера определяется четырьмя ее необходимыми свойствами, а именно: *всережимностью, полномасштабностью, сопряженностью и параметрической точностью.*

Всережимность математической модели означает адекватность целей P_1 , адекватность состояний P_2 и адекватность условий P_3 . Первая из них предполагает возможность постановки одинаковых целей эксплуатации как на энергообъекте, так и на тренажере. При этом должна обеспечиваться одинаковая возможность достижения целей, то есть, прежде всего, возможность работы тренажера в соответствии с требованиями эксплуатационных инструкций, предназначенных для организации экономичной и безаварийной работы энергообъекта.

Адекватность состояний P_2 требует воспроизведения как нормальных (штатных) режимов работы – пусковых (из всех тепловых состояний), регулировочных и остановочных, так и других (например, аварийных) состояний энергообъекта. При этом должна обеспечиваться не только имитация

в тренажере тех же конфигураций отказов, что и на реальном энергообъекте, но и адекватное изменение характеристик оборудования и процессов (расходных, механических, термодинамических, электрических и др.), происходящих при аварии на энергообъекте.

Аналогично этому адекватность условий P_3 требует воспроизведения не только тех же внутренних, но и внешних возмущений со стороны среды по отношению к энергообъекту (например, температуры окружающего воздуха, количественных и качественных характеристик топлива, температуры охлаждающей воды и т.д.) и адекватной реакции на них оборудования и процессов.

Полномасштабность модели определяет необходимость учета практически всех взаимосвязей между всеми моделируемыми подсистемами и элементами энергообъекта (*топологическая полнота P_4*).

К *полномасштабности модели* относится также требование работы модели в ускоренном P_5 , реальном P_6 и замедленном P_7 масштабах времени.

Сопряженность модели P_8 касается ее связей со щитом управления или интерфейсом многопроцессорной АСУ ТП. Каждому органу управления сопоставляется отдельный вход модели, каждой точке контроля, сигнализации и защиты – ее выход.

Параметрическая точность требует соответствия показаний приборов энергообъекта и тренажера (расходов, температур, давлений, силы тока, напряжения, мощности и т.д.) в режимах статики (*статическая адекватность – P_{11}*) и динамических режимах (*динамическая адекватность – P_{12}*), производимых во время верификации модели – P_9 , т.е. структурной корректировки и валидации модели – P_{10} , т.е. параметрической корректировки.

Требования к рабочему месту оператора:

Адекватность интерфейса P_{13} . Адекватность интерфейса тренажера требует, чтобы параметры рабочего места оператора (размеры, цвет, освещенность, наличие мнемосхем, приборов, ключей, индивидуального управления, их взаимное расположение, наличие сигнализации, защит, блокировок, систем автоматики с задатчиками, шаговых программ, систем дистанционного управления и т.п.) были строго одинаковы на тренажере и на энергообъекте.

Информационная полнота P_{14} . Информационная полнота оценивает соответствие имитируемых информационных потоков, воспроизводимых в тренажере, их прототипу. Информационная полнота предполагает не только достаточно точную имитацию каждой отдельной составляющей, но и определенное высокое качество воспроизведения, точный учет динамики ее изменения, а также синхронизацию информации, поступающей из разных источников, друг с другом, и с динамическими компонентами работы энергообъекта.

Адекватность систем управления, защит, блокировок, сигнализации P_{15} . Предусматривается



или полномасштабное моделирование АСУТП энергообъекта-прототипа (модель автоматических регуляторов, защит, блокировок, сигнализации, пошаговых программ, АВР) или/и эмуляция на выделенном сервере распределенной контроллерной системы управления.

Внутренняя и внешняя память P_{16} . Производится сохранение всех действий оператора, режимов энергообъекта, регулирующей и запорной арматуры, механизмов и параметров, возврат ситуаций.

Графопостроение P_{17} . Предусматривается графическое отображение всех параметров энергообъекта, положения запорной и регулирующей арматуры, механизмов.

Объем дисплейной информации P_{18} . На один монитор должно выводиться до 150 мнемосхем, расположенных в виде «окон» с увеличением и уменьшением масштаба.

Сохранение и загрузка режимов P_{19} – функция, позволяющая сохранить режимы работы тренажера, обращаться к ним в любое удобное время, перезаписывать их.

Диспетчерский график P_{20} – предусматривается возможность проведения тренировок при работе оператора по диспетчерскому графику: например - разгрузить или нагрузить энергоблок до заданного значения за определенный промежуток времени с фиксацией отклонений от графика с начислением штрафных баллов и оценкой. Предусматривается возможность самостоятельного построения и редактирования указанного графика инструктором по обучению.

Определение технико-экономических показателей (ТЭП) P_{21} – предусматривается определение и отображение на дисплее основных ТЭП энергообъекта.

Автоматизированные сценарии тренировок (АСТ) P_{22} – тренажер должен быть снабжен стандартным набором заданий на тренировку. Это позволит проводить обучение управлению энергообъектом в штатных режимах. Задания должны быть составлены на основе эксплуатационных инструкций, действующих на электростанции и представлять собой, как правило, одну из стандартных технологических операций. В тренажере необходимо иметь возможность выводить на экран текст описания задания и условия его выполнения. Так же необходимо предусмотреть возможность редактирования указанных заданий инструктором.

Система поддержки оператора (СПО) P_{23} – предусматривается интерактивная справочная система, система подсказок, система диагностических сообщений, специальные справочники и эксплуатационная документация.

Требования к рабочему месту инструктора.

Пульт инструктора должен обладать возможностями *формирования рабочих заданий на тренировку P_{24} , формирования внутренних возмущений P_{25}* – аварий и отказов в работе технологического оборудования, арматуры, систем

автоматики и др., *формирования внешних возмущений P_{26}* – изменение качественных и количественных характеристик топлива, температуры окружающего воздуха, охлаждающей воды и т.д., *задание возмущений с потерей геометрии P_{27}* – аварийных ситуаций с разрывами труб, взрывами, пожарами и др., *останова процесса P_{28} , возврата к исходному состоянию P_{29}* , наличие системы *поддержки инструктора P_{30}* – справочная и инструктивная документация, ведение *статистики по обучаемым P_{31} .*

Автоматическая контролирующая программа.

Должна работать в течение всего процесса тренировки и производить: *контроль и протоколирование действий оператора P_{32} , контроль и протоколирование количества и типа ошибок P_{33} , контроль и протоколирование аварийной и предупредительной сигнализации P_{34} , контроль и протоколирование действий защит и блокировок P_{35} , фиксацию отклонений и графиков основных параметров P_{36}* , в том числе начисление штрафных баллов при отклонении текущих параметров от допустимых и отклонений от диспетчерского графика.

Требования к программному обеспечению.

Идентификация программного обеспечения.

Согласно СТУ 115.015-2003 к характеристикам идентификации программного обеспечения относится *комплект эксплуатационной документации – P_{37}* , куда должны обязательно входить: *формуляр прикладного программного средства, руководство пользователя и руководство оператора* (администратора или/и программиста, в зависимости от особенностей программного средства). Все документы должны быть оформлены на русском языке в соответствии с требованиями СТУ 115.015-2003. Все документы должны иметь учетный номер фирмы разработчика с указанием даты постановки на учет.

В соответствии с ГОСТ 9127-94 *наименование и обозначение программного продукта P_{38}* должны быть указаны на упаковке и носителе. Они должны соответствовать наименованию и обозначению, указанным в эксплуатационных документах.

Обязательным требованием является указание сведений о *версии программного продукта P_{39}* , даты приема данной версии в эксплуатацию и перечня файлов, входящих в состав программных средств тренажера. Продукт должен иметь *свидетельство о государственной регистрации P_{40}* , причем копия свидетельства о регистрации должна поставляться в комплекте эксплуатационной документации.

Лицензионная чистота P_{41} программного продукта обеспечивается наличием лицензионных соглашений на покупное прикладное ПО.

Также обязательным является наличие *контрольных формуляров P_{42}* , содержащих перечень входных параметров и соответствующих им результатов для основных режимов функциони-



рования как для тренажера, так и для объекта-прототипа. По этим данным пользователь может судить о корректности функционирования программного обеспечения.

В целом требования к характеристикам идентификации обеспечивают защиту конечного пользователя программного продукта от подделок и недобросовестных разработчиков.

Информационная совместимость и безопасность.

Очень важными требованиями к любому программному продукту являются его устойчивость, совместимость, безопасность для другого программного продукта и для компьютерного оборудования.

Общая устойчивость программного продукта тренажера обеспечивается, прежде всего, *устойчивостью к некорректным входным данным P_{43}* , а также *устойчивостью к некорректным управляющим воздействиям пользователя P_{44}* .

Технические условия СТУ 115.015-2003 определяют для тренажерных комплексов обязательную поддержку *открытых форматов для импорта и экспорта данных и создания отчетов P_{45}* , а также *корректную обработку календарной даты и времени P_{46}* , что особенно актуально ввиду требования работы тренажера в разных временных масштабах.

Технические условия предусматривают обеспечение устойчивости программного продукта тренажера *внешней совместимостью P_{47}* с операционной средой и другим программным и аппаратным обеспечением (*безопасность для компьютерного оборудования P_{48}*).

Общие требования к программному обеспечению.

Обновляемость программного обеспечения P_{49} – в связи с постоянной международной ротацией программно-технических средств должна происходить периодическая замена программно-аппаратной платформы разрабатываемых тренажерных устройств.

Наладка и коррекция ПО через Интернет P_{50} предусматривается возможность проведения наладочных работ и гарантийного обслуживания ПО тренажера фирмой-исполнителем через Интернет.

Оптимизация программного обеспечения P_{51} – применение современных информационных технологий направлено на усовершенствование и модернизацию программного обеспечения, то есть на решение следующих вопросов:

- отсутствие специальной компьютерной подготовки обучаемого оператора для работы на тренажере;
- отсутствие использования специального дополнительного оборудования или программного обеспечения, кроме обычного используемого на предприятии-заказчике, за исключением самого тренажерного комплекса;
- реализация требований к обучающим систе-

мам: адекватность используемой модели реальному объекту-прототипу; адекватность рабочего места оператора реальному рабочему месту; высокая функциональность пульта инструктора, автоматизированных и контролирующих программ; применения новейших методов обучения и тренировки и др.

- реализация требований к программному обеспечению: правильная организация работы с ресурсами компьютера и сети; гибкость и доступность настроек для обеспечения эффективного восприятия информации обучаемым оператором; простота в установке и эксплуатации; обеспечение безопасности данных; обеспечение совместимости с различными платформами и аппаратными средствами и т.п.

- правильная организация интерфейса и разумное использование современных технологий и средств отображения информации;

- уменьшение требований тренажерных комплексов к аппаратным средствам при одновременном расширении функциональности;

- снижение себестоимости разработок и тренажерных комплексов при росте качества и функциональности.

Общие требования к тренажеру.

Комплексность P_{52} предусматривается возможность подготовки группы специалистов (вахты) в полном объеме их профессиональной деятельности, или одного специалиста, деятельность которого осуществляется по нескольким специальностям.

Работа в сети P_{53} – должна иметься возможность проводить обучение на тренажере, как индивидуально для каждого обучаемого (локальный режим работы тренажера), так и коллективно (работа тренажера в сетевом режиме). Сетевой режим работы на тренажере позволяет формировать обучение в компьютерном классе полностью со всеми рабочими местами реального энергообъекта, что позволяет, в свою очередь, проводить противоаварийные тренировки или учения по предотвращению аварий, или инцидентов, имеющих (или имевших) место на электростанции, или на электростанциях других энергосистем. В случае сетевого варианта работы на тренажере должна иметься возможность подключения к серверу (компьютер инструктора) не менее 10 клиентов (рабочие станции обучаемых).

Конфигурация тренажера P_{54} – для обеспечения современной вертикально-интегрированной системы обучения, охватывающей на энергопредприятии все штатные единицы персонала (от обходчика до главного инженера) конфигурация тренажера играет существенную роль.

Практика современного тренажеростроения показывает, что требования к конфигурации тренажеров в значительной степени зависят от места их установки:

- в центрах подготовки кадров;
- непосредственно на энергообъектах.

Так, если в центрах (пунктах) подготовки ка-



дров, как правило, для тренажерных комплексов и компьютерных классов предусматриваются отдельные помещения со специальным обслуживающим и инструктивным персоналом, то установка тренажеров непосредственно на энергообъектах встречает определенные затруднения в части реализации требований к помещению для тренажеров и их обслуживанию.

На подавляющем большинстве энергообъектов работа с персоналом сосредоточена непосредственно в цехах и носит индивидуальный характер, в связи с чем требования к конфигурации тренажерного комплекса носят характер минимизации.

Кроме того, практически все административные и технические руководители верхнего и среднего звена энергообъектов, как правило, выражают желание иметь на своих персональных компьютерах тренажер указанного энергообъекта для самостоятельной работы на нем с целью сохранения и повышения собственной квалификации, а также контроля и разбора с подчиненным персоналом аварийных ситуаций, произошедших на объекте.

Таким образом, возникает объективная потребность в определенном виде тренажерах, предназначенных для индивидуальных (персональных) пользователей.

Большинство тренажерных комплексов, внедренных в настоящее время в электроэнергетике, имеют конфигурацию, состоящую из 5÷10 компьютеров при моделировании электростанций с поперечными связями и энергоблоков 150÷800 МВт.

Естественно, что такой тренажерный комплекс не может удовлетворить указанным требованиям при индивидуализации обучения и контроля за работой оборудования.

Вынужденность громоздкой конфигурации тренажерных комплексов определяется большой размерностью моделируемой системы объекта-прототипа и необходимостью обеспечения всережимности и полномасштабности модели и приложений.

Однако внедрение в процесс разработки и сопровождения тренажерных комплексов эксклюзивных авторских программ, а также новейших достижений информационных технологий, таких как технологии визуального компонент-ориентированного проектирования модели и программной оболочки тренажера, использование принципа модульности и динамически подключаемых программных модулей и библиотек (plugin), динамического создания и уничтожения объектов, многопоточной организации приложений и т.п. позволяет значительно усовершенствовать и минимизировать модель объекта-прототипа, и тем самым, уменьшить ресурсоемкость конечного продукта.

Причем расширение функций обучения с привлечением инструктора и других специальностей

и их рабочих мест успешно реализуется при помощи сетевого варианта.

Таким образом, появляется возможность реализовать *персональный компьютерный тренажер* с установкой на одном компьютере, удовлетворяющий требованиям минимизации интерфейса при организации индивидуального обучения персонала с обеспечением всережимности и полномасштабности модели объекта-прототипа и ее приложений.

Условия пуска-останова и ввода-вывода информации P55 – многие тренажерные комплексы, поставляемые отечественными и зарубежными фирмами, имеют существенные программно-технологические трудности, связанные с условиями пуска-останова тренажера и с условиями ввода-вывода технологической информации (пуск – 17 операций, останов – 15 операций, ввод информации – 12 операций и т.д.), что зачастую приводит к фактическому отказу от использования тренажера в учебном процессе.

Современные возможности программирования в части режимов пуска-останова и ввода-вывода информации позволяют применять технические решения, минимизирующие указанные условия до размера одной команды.

Разрешительная документация.

В соответствии с Законами РФ "О техническом регулировании", "О сертификации продукции и услуг", "О науке и государственно-технической политике", "О лицензировании отдельных видов деятельности" и "Патентным Законом", определяющими в РФ порядок взаимоотношений между производителем и потребителем научно-технической продукции тренажер должен иметь следующую разрешительную документацию:

- *сертификация соответствия P₅₆* – программные средства разрабатываемого тренажера должны быть сертифицированы на соответствие требованиям "Норм годности программных средств подготовки персонала энергетики" (СО 153-34.0-12.305-99) и Технических условий "Прикладные программные средства полномасштабных тренажеров" (СТУ 115.015-2003).

- *сертификация безопасности P₅₇* – технические средства разрабатываемого тренажера должны быть сертифицированы на соответствие требованиям стандартов ГОСТ МЭК 60950-2002, ГОСТ Р 51317.4.3-99 для гарантии безопасности продукта для оперативного персонала.

- *сертификация качества P₅₈* – процессы разработки и сопровождения тренажера должны быть сертифицированы на соответствие стандарту "Система менеджмента качества. Требования" (ГОСТ Р ИСО/МЭК 9001-2002).

- *аккредитация P₅₉* – предприятие-изготовитель научно-технической продукции в тренажеростроении должно иметь Свидетельство о государственной аккредитации при Министерстве связи и массовых коммуникаций для подтверждения



права деятельности в области информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 №1152).

- лицензирование P_{60} – предприятие-изготовитель тренажеров и программных средств для подготовки инструкторского и оперативного персонала должно иметь лицензию на право образовательной деятельности (Федеральный Закон РФ от 4 мая 2011 г. №99 ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности").

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.

Продолжение в следующем номере

Литература.

1. Магид С.И., Архипова Е.Н. «Человеческий фактор» и обеспечение надежности и безопасности в электроэнергетике». // «Надежность и безопасность энергетики», №3(10), 2010 г.
2. «Энергетическая революция: проблемы и перспективы» / В. Колташов, Л. Бычкова, Г. Минаков и др. // «Академия энергетики», №4(48), 2012 г.
3. Макаров А.А. «Перспективы топливно-энергетического комплекса России». // «Академия энергетики», №3(47), 2012 г.
4. Магид С.И., Архипова Е.Н. «Надежность электроэнергетики и нормирование тренажерной подготовки персонала». // «Надежность и безопасность энергетики», №1(12), 2011 г.
5. Магид С.И., Архипова Е.Н., Музыка Л.П. Проблемы и научно-технические принципы современного компьютерного моделирования технологических объектов для тренажеров оперативного персонала» // «Надежность и безопасность энергетики», №1(4), 2009 г.
6. Мищеряков С.В., Степанов А.Ю. «Система нормативного обеспечения профессиональной подготовки персонала энергетических компаний» // «Надежность и безопасность энергетики», №4(15), 2011 г.
7. Федеральный закон Российской Федерации от 3 декабря 2009 г. №382-ФЗ «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса».
8. Концепция обеспечения надежности в энергетике-2010. Материалы Комиссии Минэнерго РФ, Москва, 2011 г.
9. Магид С.И., Архипова Е.Н. «Надежность и безопасность энергоснабжения и современные требования к тренажерной подготовке персонала и закупкам технических средств обучения» // «Надежность и безопасность энергетики», №4(15), 2011 г.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012619008 «Программная тренажерно-моделирующая среда STE (Simulative training environment) моделирования энергетических объектов», зарегистрированное в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 05 октября 2012 г.
11. Международный стандарт ISO 9000:2005(R). Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

