

### Новые подходы к тренировкам оперативного персонала подстанций

НАСЫРОВ Р.Р., СУЛЕЙМАНОВ И.Р., ЧУРКИН А.И., ПИЛЮГИН А.В., МАРЧЕНКОВ Д.В.

*Проанализированы основные ошибки при оперативных переключениях на электрических подстанциях: почти половина нарушений происходит из-за ошибок при совершении сложных оперативных переключений (по бланку). Рассмотрена модель компетенций дежурного электромонтера подстанции. Описаны программные комплексы, применяемые для подготовки оперативного персонала энергообъектов, их достоинства и недостатки. Сделаны выводы о значительном потенциале совершенствования существующих тренажеров для тренировки дежурных электромонтеров подстанции и необходимости создания нового подхода к тренировкам оперативного персонала подстанций. Рассмотрены технологии виртуальной реальности как новый подход к обучению оперативного персонала энергообъектов.*

*Ключевые слова: подстанция, оперативные переключения, ошибки персонала, тренажер, технологии виртуальной реальности*

Электроэнергетика является сложной человеко-машинной системой, причем для этой отрасли характерна глубокая степень интеграции человека в технологический процесс. Это обусловлено тем, что, проигрывая в части быстродействия автоматическим и электронно-вычислительным средствам, человек как элемент технологического процесса обладает неповторимыми способностями анализа ситуации и принятия нестандартных решений. Такие возможности пока не удастся реализовать в массовом порядке в автоматических системах и системах искусственного интеллекта. В связи с этим растет та степень ответственности, которая возложена на человека как неотъемлемого элемента технологического процесса. Как следствие, нельзя избегать рассмотрения человеческого фактора как сопутствующего аспекта функционирования отрасли.

Несмотря на то что оперативный персонал энергообъекта находится на самой нижней ступени иерархии оперативно-диспетчерского управления, именно он наделен полномочиями непосредственно воздействовать на органы управления электроустановками. Поэтому, какие бы правильные решения по управлению режимом не принимались в аварийной или штатной ситуации на всех уровнях диспетчерского управления (РДУ, ОДУ, ЦДУ), только от оперативного персонала на энергообъектах практически в полной мере зависит, будут ли они реализованы верно.

Энергетические компании постоянно ведут работу по снижению ошибочных действий оперативного персонала, приводящих к аварийным ситуациям на подстанциях энергосистем.

Все действия дежурных электромонтеров строго регламентированы, сложные переключения на подстанции проводятся по заверенным бланкам переключений двумя лицами (контролирующее лицо и лицо, выполняющее переключения). Для подготовки электромонтеров используются различные тренажеры по оперативным переключениям. Однако доля аварий, произошедших по вине оперативного персонала, остается достаточно высокой: на подстанциях 110 кВ и выше она составляет 34% общего числа<sup>1</sup>. За рассматриваемый период в результате технологических нарушений по вине персонала в ЕЭС России было отключено 850 МВт нагрузки и более 350 тысяч бытовых потребителей.

Основные причины технологических нарушений по вине персонала, выявленные при анализе статистики с приведенным кратким описанием нарушения:

- ошибки при переключениях (по бланку) – 39% общего числа технологических нарушений;
- неверные действия с РЗА – 33%;
- ошибки при наладке или работе с оборудованием – 22%;
- несоблюдение техники безопасности – 6%.

Отсюда видно, что почти половина нарушений происходит из-за ошибок при совершении сложных переключений (по бланку) и несоблюдения правил охраны труда. И хотя доля последних не превышает 6%, последствия этих ошибок более трагичны – это часто травмы персонала различной степени тяжести, иногда, к сожалению, с летальным исходом.

<sup>1</sup> По данным ОАО «СО ЕЭС» за первое полугодие 2014 г.

Таким образом, эти две причины должны считаться приоритетными и наиболее общими, имеющими схожую природу. Попытки количественного изменения этих показателей в сторону уменьшения должны представлять собой целенаправленный комплекс мероприятий (корректировки существующих инструкций, изменение подхода к подготовке и тренажу персонала).

Нужно отметить следующие характерные ошибки при оперативных переключениях, приведшие к технологическим нарушениям [1]:

лицо, производящее переключения, и контролирующее лицо не убеждаются в правильности выбора коммутационного оборудования;

отсутствие в оперативных журналах необходимых записей об установке дополнительных переносных заземлений или включении заземляющих ножей;

персонал, выполняющий переключения, не убеждается в готовности электроустановки к включению после полного окончания работ и не снимает переносное заземление или не отключает заземляющие ножи, установленные при подготовке рабочего места;

дежурный персонал приступает к выполнению распоряжения, не имея четкого представления о порядке проведения операций, не проверяет по оперативной схеме состояние коммутационных аппаратов и последовательность оперативных переключений.

Из приведенного можно сделать следующие выводы [1]:

участие в переключениях двух лиц не приводит к снижению числа ошибок, так как оба лица перекладывают ответственность за контроль со стороны каждого участника переключений друг на друга;

оперативный персонал недостаточно хорошо разбирается в оборудовании подстанции, схемах соединения, устройстве защит и т.д.; зачастую электромонтеры способны выполнять переключения только строго по бланкам переключений, а в аварийных ситуациях, когда требуется быстрое принятие верных решений, оперативный персонал не всегда способен действовать адекватно складывающимся обстоятельствам;

для подготовки квалифицированных кадров оперативного персонала требуется длительное обучение на тренажерах и прохождение практики непосредственно на подстанции.

**Модель компетенций дежурного электромонтера подстанции.** Деятельность дежурных электромонтеров подразумевает специальную подготовку и знание большого объема нормативно-технической документации, схем энергообъекта, особенностей работы оборудования, защит и противоаварийной ав-

томатики. Специфика работы и высокая мера ответственности требуют высокой профессиональной подготовки, стрессоустойчивости и определенных моральных качеств дежурного электромонтера.

Для выявления слабых сторон подготовки оперативного персонала энергообъектов целесообразно сформировать компетентностную модель специалиста. Ее создание само по себе является отдельным исследованием, методика которого базируется на анализе отраслевых инструкций, актуальных программ подготовки, психологических исследований и т.п. и в статье приводиться не будет. Обозначим лишь основные принципы формирования компетентностной модели. Для ее построения широко используются такие базовые элементы, как знания, умения и навыки.

Профессиональные знания – это характеризующие особенности конкретной деятельности сведения, необходимые для эффективной ее реализации. Знания могут выступать в форме наглядных представлений (образов) и понятий, являющихся абстрактным и обобщенным отражением действительности [2].

Умение – промежуточный этап овладения новым способом действия, основанным на каком-либо правиле (знании) и соответствующим правильному использованию знания в процессе решения определенного класса задач, но еще не достигшего уровня навыка [3].

Навыки – это автоматизированные компоненты сознательного действия человека, которые вырабатываются в процессе его выполнения. Навык возникает как сознательно автоматизируемое действие и затем функционирует как автоматизированный способ его выполнения. То, что данное действие стало навыком, означает, что индивид в результате упражнения приобрел возможность осуществлять данную операцию, не делая ее выполнение своей сознательной целью [3].

На основе введенных категорий следует разграничить понятия «квалификация» и «компетенция». Принципиальная разница между ними заключается в следующем. Традиционное понятие квалификации специалиста подразумевает функциональное соответствие между требованиями рабочего места и целями подготовки. Подготовка же сводится к усвоению стандартного набора в большей степени знаний, умений и в меньшей – навыков. Компетенция предполагает развитие в человеке способности ориентироваться в разнообразии сложных и непредсказуемых рабочих ситуаций, иметь представления о последствиях своей деятельности, а также нести за них ответственность. Компетентностный подход ориентирует на построение процесса подготовки сообразно ее результату, подразумевает

помимо приобретения знаний и умений в значительной степени фиксацию на приобретении навыков. Обобщенная компетентностная модель специалиста должна включать [4]:

- цели деятельности специалиста;
- функции, к выполнению которых он должен быть подготовлен;
- индивидуальные качества, которые должны быть сформированы как профессионально важные;
- нормативные условия, в которых эта деятельность должна протекать;
- навыки принятия решений, связанных с деятельностью;
- навыки работы с информацией, обеспечивающей успешность деятельности;
- представление о личностном смысле деятельности.

В значительном объеме знания оперативного персонала энергообъекта, и дежурного электромонтера в частности, формируются на основе нормативно-технической документации, которую он должен знать в соответствии с выполняемыми обязанностями. Перечень нормативных документов, которые электромонтер должен знать в полном объеме либо частично, достаточно широк и здесь приводиться не будет. Вот лишь формальный объем знаний и умений, предъявляемый дежурному электромонтеру подстанции согласно актуальным программам подготовки:

- основы электротехники;
  - назначение и устройство обслуживаемого оборудования;
  - схемы первичных соединений сети собственных нужд, оперативного тока и электромагнитной блокировки;
  - принципы действия релейных защит и автоматики, их зоны действия;
  - правила производства переключений;
  - указания по ликвидации технологических нарушений;
  - принципы работы и правила обслуживания устройств телемеханики;
  - сроки испытания защитных средств, инструмента и приспособлений, применяемых на подстанции;
  - виды связи, установленные на подстанции, и правила их использования.
- Также дежурный электромонтер должен:
- обслуживать оборудование подстанций;
  - обеспечивать установленный режим по напряжению, нагрузке, температуре и другим параметрам;
  - проводить режимные оперативные переключения в распределительных устройствах подстанций;

- осуществлять подготовку рабочих мест;
- допускать рабочих к работе, осуществлять надзор за их работой;
- проводить приёмку рабочих мест при ликвидации аварийных ситуаций;
- проводить осмотр оборудования подстанций;
- проводить небольшие по объему и кратковременные работы по ликвидации неисправностей на щитах и сборках собственных нужд, в приводах коммутационных аппаратов, в цепях вторичной коммутации закрытых и открытых распределительных устройств подстанций;
- определять параметры аккумуляторных батарей;
- устранять неисправности осветительной сети и арматуры со сменой ламп и предохранителей.

Сложившаяся на сегодняшний день система подготовки оперативного персонала энергообъектов в части усвоения нормативно-технической документации, включающая в себя многократные плановые и внеочередные проверки знаний, дает основание считать: знания (как компонент компетентностной модели) в большинстве случаев усваиваются персоналом должным образом.

В части приобретения умений как переложения знаний на реальный рабочий объект и как действий, совершаемых осознанно и не достигших уровня автоматизма, предусмотрены такие формы работы с подготавливаемым оперативным персоналом, как стажировка и дублирование.

Третье звено в компетентностной модели – приобретение навыков как автоматизированных (бессознательных) и, что особенно важно, правильных действий при осуществлении деятельности с точки зрения подготовки является «узким местом» в становлении специалиста и снижении аварийности. Неоспоримо, что приобретение навыков возможно только в ходе непосредственной работы на энергообъекте. Но с другой стороны, даже длительная работа в нормальном режиме не означает, что оперативный персонал энергообъекта приобрел те навыки, которыми он сможет воспользоваться в аварийной ситуации. Причина заключается в том, что авария – это чрезвычайная в психологическом и физиологическом отношении ситуация. И в таких условиях с высоким темпом изменения режимных параметров не гарантировано, что оперативный персонал правильно применит свои знания. В подтверждение этому: в результате внеочередных проверок знаний персонала, допустившего аварию на энергообъекте, выявлено, что до 90% их числа имели хорошие профессиональные знания [5]. По этой причине в условиях дефицита времени и информации, особенно на первом этапе локализации аварии, от дежурного электромонтера требуется максимальное быстрое действие, которое реализует-

ся за счет выполнения набора необходимых безусловных действий. Это высвободит время для последующего анализа ситуации и выработки более осмысленных решений.

**Программные комплексы, применяемые для подготовки оперативного персонала энергообъектов.** Как уже отмечалось, основным инструментом наработки навыков работы оперативного персонала является проведение тренировок по оперативным переключениям на специализированных тренажерах. Использование компьютеров для обучения обеспечивает целый ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами обучения:

возможность тиражирования на разных объектах учебно-тренировочных комплексов, разработанных специалистами высокой квалификации;

отсутствие необходимости постоянно привлекать специалистов на каждый объект, так как тренажеры реализуются как целостный и готовый к использованию продукт;

возможность обучения без отрыва от производства;

возможность использования для обучения и тренажа компьютеров, установленных в составе действующих систем АСДУ, без создания специального комплекса технических средств (в большей степени для диспетчерских тренажеров);

индивидуальность обучения и его интенсивность могут меняться в зависимости от уровня подготовки и восприимчивости обучающегося;

повышение эффективности обучения благодаря активному участию обучающегося в процессе обучения;

возможность сравнительно гибкого обновления учебного материала без значительных трудозатрат.

На сегодняшний день разработано и успешно введено в эксплуатацию большое число тренажеров по оперативным переключениям. Некоторые из этих комплексов оснащены инструментами, позволяющими пользователям самостоятельно создавать тренажерные модели собственных энергообъектов или развивать имеющиеся в поставке.

В настоящее время для обучения оперативного персонала часто используются тренажеры по оперативным переключениям «Модус», «TWR-12», «Феникс» и ряд других. Следует отметить следующие достоинства существующих комплексов.

1. Возможность отработки соблюдения последовательности операций при переключениях в штатных и аварийных ситуациях. Некоторые из существующих тренажеров при проведении плановых аварийных тренировок допускают альтернативные сценарии решения и не блокируют действия пользователя при отклонении от эталонного алгоритма, а также моделируют последствия развития аварии,

вызванной начальными условиями тренировки или неправильными действиями обучаемого. Эта особенность создает плодотворную почву для приобретения тренирующимся навыка анализа сложившейся обстановки.

2. Анализ поведения тренируемого, оценка правильности и соответствия нормативно-технической документации действий и выработка рекомендаций по результатам тренировки позволяют указать на слабые стороны подготовки, требующие особого внимания.

3. Достаточное быстродействие расчетов параметров режима, позволяющее моделировать реальный темп развития процессов.

Однако существующие тренажеры обладают следующими принципиальными недостатками.

1. 2D-графика моделей ЩУ и схем РУ не адекватно отражает проведение некоторых видов манипуляций в пользовательском интерфейсе, возможных в реальной ситуации, и подчас упрощает или, наоборот, усложняет задачу.

2. Многие операции (проверочные, вывешивание плакатов, проверка и использование защитных средств и т.п.) реализованы формально и выполняются, как правило, одним кликом мыши. Интерфейсные решения выбора выполняемой операции – выпадающие меню, которые в некоторых ситуациях могут послужить подсказкой или напоминанием для тренирующегося выполнить данное действие, хотя в реальной ситуации он может и не вспомнить о нем.

3. Упрощенная навигация по макету не отражает затрат времени на перемещение по реальному энергообъекту, хотя в нештатных ситуациях и при ликвидации технологических нарушений это оказывает значительное влияние на ход работ, поскольку требует затрат времени, принятия дополнительных решений.

На основе вышесказанного следуют выводы.

1. Существующие системы в большей степени формируют знания и в меньшей степени – навыки и умение действовать при производстве переключений.

2. Отсутствие эффекта присутствия не дает полной картины поведения тренируемого в нештатных ситуациях, так как при работе с компьютером вне зависимости от рассматриваемой аварийной ситуации невозможна мобилизация психофизиологических реакций, возникающих у человека в настоящей стрессовой ситуации.

3. Не учитывается «физичность» процессов переключения на реальном энергообъекте, когда требуются перемещения персонала по его территории и, как следствие, затраты времени и энергии. Это может способствовать формированию ложных или

неполных навыков, так как некоторые действия физически невозможно совершить в ходе такой тренировки, а в реальной ситуации их совершение необходимо.

4. Наблюдается «перекося» большинства продуктов в сторону тренажа диспетчеров, из-за чего разработчики часто уделяют слишком большое внимание точным алгоритмам расчета процессов в электрической части энергообъекта. Таким образом, продукт усложняется в той части, которая никак не влияет на качество подготовки оперативного персонала энергообъекта. Отчасти это связано с тем, что диспетчер имеет широкие возможности влиять на режимные параметры системы. Но, например, у дежурного электромонтера подстанции такой возможности нет: его конечная задача заключается в правильном производстве всех возможных переключений, которые часто строго регламентированы заранее.

Таким образом, существующие методики тренировок больше подходят для диспетчеров. Для электромонтеров подстанций необходимы более наглядные тренировки, отражающие их непосредственные задачи, такие как совершение действий, описанных в бланках переключений. Бланки переключений содержат десятки манипуляций, для быстрого выполнения которых необходимо знание коммутационного оборудования подстанции, расположение щитов управления и понимание смысла и назначения проводимых переключений.

**Технологии виртуальной реальности как новый подход к обучению оперативного персонала энергообъектов.** Современный уровень развития технологий виртуальной реальности и их непрерывное совершенствование подталкивает разработчиков систем обучения оперативного персонала к внедрению принципиально новых подходов к подготовке. Создание виртуального объекта-прототипа, полностью повторяющего реальный энергообъект, позволит проводить тренировки, максимально приближенные к реальным условиям работы. Полное погружение в виртуальную реальность возможно посредством использования уже таких разработанных устройств, как, например, шлемы виртуальной реальности или так называемые 3D-кубы (технология CAVE). Поскольку на сегодняшний день существующие 2D-тренажеры имеют:

хороший уровень воспроизведения электрической части энергообъекта (как первичных, так и вторичных цепей, включая имитацию действия защит и противоаварийной автоматики всех типов, сигнализаций и т.п.);

интегрированные алгоритмы расчета режимов при изменении схемы объекта или возникновении

коротких замыканий, обрывов, неполнофазных режимов и т.п.;

грамотно реализуемый с методической точки зрения подход к оценке действий тренируемого (балльная система оценки, фиксация отклонений от установленных нормативной документацией правил, выработка рекомендаций по результатам тренировки), то основной задачей, которая стоит при создании подобных симуляторов, по большей части заключается в визуализации объекта тренировок и «связывании» виртуальной графической оболочки с логической частью тренажера. Поскольку за счет создания графической оболочки, в которой можно будет осуществлять физические действия тренируемого (перемещения по территории подстанции, передача изолирующих штанг между участниками тренировки, оперирование коммутационными аппаратами на ОРУ и т.д.), существующий функционал существующих программных комплексов следует дополнить теми операциями, которые до этого в них можно было осуществить лишь формально.

Для создания виртуального макета подстанции-прототипа осуществляется его 3D-сканирование, которое в общем случае подразумевает следующие этапы:

- получение облака точек объектов;
- вычисление и оптимизация сетки;
- вычисление и оптимизация текстуры.

Первый этап проводится непосредственно на объекте-прототипе, который подлежит виртуализации. Существует три массовых подхода к его осуществлению:

1. Получение информации о поверхностях объекта посредством активных оптических систем (LIDAR). Принцип действия таких устройств базируется на свойствах лазерного пучка отражаться от непрозрачных и полупрозрачных поверхностей. Результатом последовательной обработки поверхности объекта является массив данных, содержащих, в частности, информацию о времени испускания системой луча и регистрации его отраженной составляющей сенсорами. В числе используемых систем существуют такие, которые позволяют полностью автоматизировать процесс съемки объекта, имеющего поверхности сложной формы, за счет камер на роботизированных самостоятельно перемещающихся платформах.

2. Съемка объекта стереоскопической камерой с инфракрасной подсветкой (например Kinect). В результате съемки камерой записываются изображения, фиксированные с разных ракурсов, что позволяет получить достаточно информации о характере поверхности объекта, подлежащего виртуализации.

3. Обычная фото- и видеосъемка с последующей отрисовкой объекта виртуализации программистом.

Второй и третий этапы выполняются на специализированном программном обеспечении на основе данных съемки объекта. После обработки данных строится полигональная модель объекта, на которую накладываются соответствующие текстуры. В результате появляется виртуальная копия объекта. Отображение графической оболочки осуществляется посредством вышеуказанных технологий (шлем виртуальной реальности, 3D-куб). Отклик среды на движения тренируемого реализуется трекинговыми системами, фиксирующими изменение положения тела в пространстве.

Национальный исследовательский университет «МЭИ» совместно с ОАО «МРСК Центра» приступили к реализации пилотного проекта по созданию тренажера переключений виртуальной реальности для оперативного персонала подстанций. В качестве прототипа была выбрана одна из подстанций 110 кВ структурного подразделения ОАО «МРСК Центра» – ОАО «Белгородэнерго». Данная узловая подстанция установленной трансформаторной мощности 75 МВА осуществляет питание бытовых и промышленных потребителей на напряжении 110, 35 и 10 кВ, имеет типовые схемы РУ. Общеподстанционный пункт управления оснащен автоматизированным рабочим местом, позволяющим оперировать всеми коммутационными аппаратами дистанционно. Предварительно согласованы сценарии тренировок, которые включают в себя как стандартные штатные переключения, так и переключения в нештатных и аварийных ситуациях и будут реализованы на виртуальной платформе. Создаваемый тренажер будет предусматривать как индивидуальные, так и групповые тренировки оперативного персонала, систему оценки действий тренирующихся, библиотеки оцифрованного силового оборудования для ускоренного создания 3D-моделей объектов. Ориентировочный срок вво-

да инновационного тренажера в эксплуатацию – II квартал 2017 года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Каганович И.А.** Анализ ошибок оперативного персонала при переключениях в электроустановках на объектах единой национальной электрической сети (ЕНЭС) Холдинга ОАО РАО «ЕЭС России». – Оперативное управление в электроэнергетике, 2005, №1, с. 23–25.
2. **Дружинин В.Н.** Психология. Учебник для гуманитарных вузов. – Санкт-Петербург: ИД «Питер», 2001, 656 с.
3. **Рубинштейн С.А.** Основы общей психологии. – Санкт-Петербург: ИД «Питер», 2002, 720 с.
4. **Атлягузова Е.И.** Компетентностная модель специалиста технического профиля. – Вектор науки ТГУ, 2012, №1, с. 43–47.
5. **Воронин В.Т.** Режимные тренажеры как средство обеспечения надежной работы оперативного персонала. – Оперативное управление в электроэнергетике, 2005, №1, с. 39–45.

[16.04.15]

*Авторы: Насыров Ринат Ришатович окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института (ныне Национально-исследовательский университет «Московский энергетический институт» – НИУ «МЭИ») в 2010 г. В 2013 г. защитил кандидатскую диссертацию «Разработка системы активно-адаптивного регулирования напряжения в распределительных электрических сетях». Научный сотрудник кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ».*

*Сулейманов Игорь Рашидович окончил в 2014 г. бакалавриат НИУ «МЭИ». Магистр, инженер II категории кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ».*

*Чуркин Андрей Игоревич окончил в 2014 г. бакалавриат НИУ «МЭИ». Магистр, инженер II категории кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ».*

*Пилюгин Александр Викторович окончил Курский политехнический институт в 1992 г. и в 2006 г. – Курский государственный технический университет. Первый заместитель генерального директора, главный инженер ОАО «МРСК Центра».*

*Марченков Дмитрий Валерьевич окончил Государственный университет управления в 1994 г. Директор департамента перспективного и технологического развития и инноваций ОАО «МРСК Центра».*

*Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 8, pp. 52–58.*

## New Approaches to Drills of Substation Operators

R.R. NASYROV, I.R. SULEIMANOV, A.I. CHURKIN, A.V. PILYUGIN, AND D.V. MARCHENKOV

*The main errors committed in making routine switching operations at electrical substations are analyzed: almost half of abnormalities occur due to errors committed in making complex routine switching operations (according to a switchover format). The competence model of a duty substation electrician is considered. The software systems used for training the operators of power facilities are described with pointing out their advantages and shortcomings. A conclusion is made that the considerable potential for the improvement of existing training simulators for drilling duty electricians of substations, and that there is a need to develop a new approach to drills of substation operators. Virtual reality technologies as a new approach to training the operative personnel of power facilities are considered.*

Key words: *substation, routineswitching operations, human errors, training simulator, virtual reality technologies*

---

REFERENCES

1. **Kaganovich I.A.** *Operativnoye upravleniye v elektroenergetike* (Operational management in electric power industry), 2005, No. 1, pp. 23–25.
2. **Druzhinin V.N.** *Psikhologiya. Uchebnik dlya gumanitarnykh vuzov* (Psychology. The textbook for the colleges). St. Petersburg, Publ. «Piter», 2001, 656 p.

3. **Rubinstein S.A.** *Osnovy obshchei psikhologii* (Fundamentals of general psychology). St. Petersburg. Publ. «Piter», 2002, 720 p.

4. **Atlyaguzova Ye.I.** *Vektor nauki TGU* (Vector science of the Tomsk State University), 2012, NO. 1, pp. 43–47.

5. **Voronin V.T.** *Operativnoye upravleniye v elektroenergetike* (Operational management in electric power industry), 2005, No. 1, pp. 39–45.

*Authors: Nasyrov Rinat Rushatovich (Moscow, Russia) – Cand. Sci. (Eng.), Researcher assistant, Department of the Scientific and Research University «Moscow Power Engineering Institute» (SRU «MPEI»).*

*Suleimanov Igor' Rashidovich (Moscow, Russia) – Engineer 2nd category at the Department of the SRU «VPEI».*

*Churkin Andrei Igorevich (Moscow, Russia) – Engineer 2nd category at the Department of the SRU «MPEI».*

*Pilyugin Aleksandr Viktorovich (Moscow, Russia) – First Deputy Director General of the JSC Interregional Grid Company of Centre («IGC of Centre»).*

*Marchenkov Dmitrii Valer'yevich (Moscow, Russia) – Director of the Department of perspective and technological development and innovation of the JSC «IGC of Centre».*