

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ



Том 13 №3 2020

Safety & Reliability of Power Industry

В номере:

- Нормирование цифровых технологий тренажерных систем
- Моделирование сжигания топлива для понижения токсичности продуктов горения
- Коммуникационная технология управления кризисом в период «ледяных дождей»
- Организационные риски обеспечения надежности турбоагрегатов ТЭС и АЭС
- Классификация интегральных показателей оперативной эффективности работы объектов электро-энергетических систем



www.sigma08.ru
www.testenergo.ru



Тренажер водоподготовительной установки для блоков СКД

Фирма АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ») разработала и внедрила тренажерно-аналитический комплекс водоподготовительной установки для блоков СКД Нижневартонской ГРЭС

Тренажер ВПУ блоков СКД

прошел корпоративную научно-техническую и сертификационную экспертизу, а так же государственную регистрацию в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Тренажер ВПУ блоков СКД

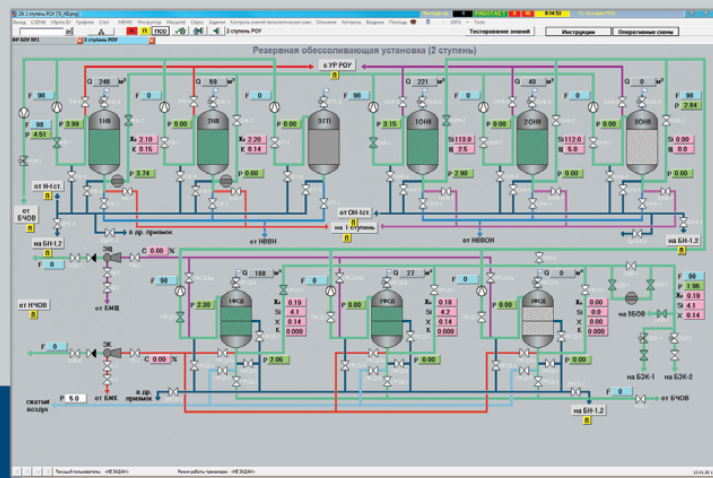
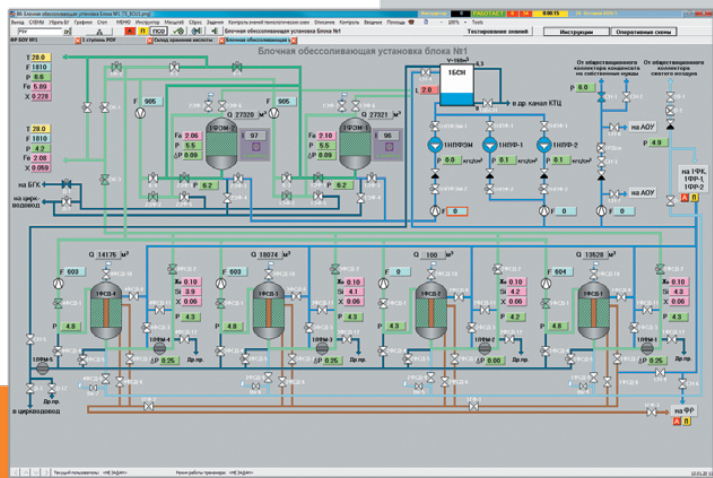
может применяться для подготовки оперативного персонала на тепловых электрических станциях, в учебных центрах, высших и средних учебных заведениях

Состав оборудования

- Установка предварительной обработки воды – УПОВ
- Натрий-катионитовая установка – НКУ
- Резервная обессоливающая установка – РОУ
- Автоматизированная обессоливающая установка – АОУ
- Установка очистки замасленных и замазученных стоков – УОЗЗС
- Блочная обессоливающая установка – БОУ – 1,2
- Реагентное хозяйство – РХ, установка коррекционной обработки воды – УКОВ
- Водно-химический режим блока 800 МВт – ВХР-800-1,2
- Водно-химический режим блока ПГУ-413 МВт – ВХР ПГУ-413

Состав тренажера

- активные динамические мнемосхемы 46 шт.
- всережимная физико-химическая модель оборудования и процессов ВПУ
- модель АСУТП (модель защит, блокировок, сигнализаций, АВР)
- модель водно-химического режима энергоблоков №№ 1,2,3
- развитая конфигурация сети
- комплект аварийных ситуаций
- контролирующая программа
- комплект штатных ситуаций
- графопостроение
- масштабирование времени
- сохранение режимов
- система поддержки оператора
- протоколы действий оператора, ошибок, сигнализации, защит, блокировок
- режим экзамена



АО «Тренажеры электрических станций и сетей»:

117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 Ж, корп. 6
Тел. (495) 665-76-00, факс (495) 382-79-74
e-mail: magid@testenergo.ru, www.testenergo.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

С. И. МАГИД — д. т. н., профессор, генеральный директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей», директор Департамента «Технические обучающие системы в энергетических технологиях» TEST UNESCO (Москва, Россия)

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Е. Н. АРХИПОВА — д. т. н., технический директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (Москва, Россия)

В. В. КУЛИЧИХИН — д. т. н., заместитель директора Департамента «Технические обучающие системы в энергетических технологиях» TEST UNESCO (Москва, Россия)

РЕДАКТОРЫ РАЗДЕЛОВ

Н. И. ВОРОПАЙ — чл.-корр. РАН, д. т. н., профессор, научный руководитель ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л. А. Меленцева» Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) (Иркутск, Россия) — раздел «Общие вопросы надежности и безопасности энергетики»

А. Я. ШЕЛГИНСКИЙ — д. т. н., профессор кафедры «Промышленные теплоэнергетические системы», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия) — раздел «Генерация электроэнергии и тепла»

Л. А. ХОМЕНКО — д. т. н., профессор, заведующий аналитическим отделом Научно-производственного объединения по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И. И. Ползунова (ЦКТИ) (Санкт-Петербург, Россия) — раздел «Проектирование, исследование энергетического оборудования»

Н. Д. ЧИЧИРОВА — действительный член Российской академии естественных наук, д. х. н., профессор, зав. кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Казань, Россия) — раздел «Эксплуатация электрических станций»

В. СТРИЕЛКОВСКИ — доктор философии, профессор, научный сотрудник Кембриджской бизнес-школы Кембриджского университета (Англия) — раздел «Электрогенерация зарубежных стран»

И. Г. АХМЕТОВА — д. т. н., проректор по научной работе, зав. кафедрой Экономики и организации производства ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Казань, Россия) — раздел «Цифровые технологии и экономика»

Н. Н. ШВЕЦ — д. э. н., профессор, зав. кафедрой «Мировая электроэнергетика» МГИМО МИД России — раздел «Энергетические аспекты международных отношений»

А. И. ТАДЖИБАЕВ — Заслуженный энергетик Российской Федерации, действительный член Академии электротехнических наук, д. т. н., зав. кафедрой «Диагностика и управление техническим состоянием энергетического оборудования» ФГАОУ ДПО «ПЭИПК» (Санкт-Петербург, Россия) — раздел «Техническая диагностика и неразрушающий контроль в энергетике»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Н. ВИБЧАР — к. г. н., советник Директора ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики» (Москва, Россия)

Е. П. ГРАБЧАК — Заместитель министра Министерства энергетики Российской Федерации (Москва, Россия)

Х. С. ДРАГАНЧЕВ — профессор Технического университета (Варна, Болгария)

И. Ш. ЗАГРЕТДИНОВ — к. т. н., генеральный директор АО «Институт Теплоэлектропроект», (Москва, Россия)

З. ЗИМОН — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой Бранденбургского Технического Университета (Котбус-Зенфтенберг, Германия)

Н. А. ЗРОЙЧИКОВ — д. т. н., профессор, заместитель директора по научной работе ОАО «Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского» (ОАО «ЭНИН») (Москва, Россия)

М. Х. Г. ИБРАГИМОВ — д. т. н., профессор, Первый заместитель председателя НП «Техноэкспо» (Москва, Россия)

Н. Б. КАРНИЦКИЙ — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета (г. Минск, Беларусь)

С. А. КРОПАЧЕВ — д. и. н., ректор Энергетического института повышения квалификации АО «Мособлэнерго» (Москва, Россия)

Б. М. ЛАРИН — д. т. н., профессор кафедры химии и химических технологий в энергетике ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина» (Иваново, Россия)

М. Ю. ЛЬВОВ — д. т. н., советник генерального директора АО «Объединенная энергетическая компания» (Москва, Россия)

Н. Я. о. МАМЕДОВ — к. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство инженерных систем и сооружений», Азербайджанский Архитектурно-строительный Университет (Баку, Азербайджан)

М. Е. МАРЧЕНКО — к. т. н., генеральный директор ООО «Энив» (Москва, Россия)

В. Е. МЕССЕРЛЕ — д. т. н., профессор, главный научный сотрудник НИИ экспериментальной и теоретической физики Казахского Национального Университета им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан)

С. В. МИЩЕРЯКОВ — д. э. н., к. т. н., Генеральный директор Некоммерческого Партнерства «Корпоративный образовательный и научный центр Единой энергетической системы» (Москва, Россия)

Д. МОРВА — доктор, профессор Будапештского политехнического университета (Будапешт, Венгрия)

Л. П. МУЗЫКА — к. т. н., доцент, директор ООО «Ресурс-персонал» (Омск, Россия)

А. Н. НАЗАРЫЧЕВ — д. т. н., профессор, ректор ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» (Санкт-Петербург, Россия)

В. А. НЕПОМНЯЩИЙ — академик Российской академии естественных наук, д. э. н., профессор, к. т. н. (Санкт-Петербург, Россия)

М. М. ПЧЕЛИН — Государственный советник РФ 1-го класса в отставке, лауреат премии Совета Министров СССР (Москва, Россия)

А. Е. УЖАНОВ — к. с. н., доцент кафедры «Мировая электроэнергетика» Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, член-корреспондент Академии военных наук (Москва, Россия)

К. ФРАНА — д. т. н., профессор, заместитель декана факультета «Машиностроение» Технического университета (г. Либерец, Чехия)

М. И. ЧИЧИНСКИЙ — к. т. н., Генеральный инспектор — начальник Департамента технического надзора и аудита ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС») (Москва, Россия)

Учредитель и издатель: Научно-производственное объединение «Энергобезопасность».

Периодичность издания четыре раза в год. Выходит с 2008 года.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия. Свидетельство ПИ № ФС77-31974 от 14 мая 2008 г.

Журнал включен в новый перечень ВАК Министерства образования и науки РФ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней, а также в базы данных: РИНЦ, ВИНТИ, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал ассоциирован при Международном центре обучающих систем ЮНЕСКО и Международной кафедре-сети ЮНЕСКО «TVET». Полнотекстовые версии статей размещены в научной электронной библиотеке elibrary.ru.

Подписные индексы: 45024 — Объединенный каталог и интернет-каталог «Пресса России»,
E45024 — Интернет-каталог «Книга-сервис».

Художественный редактор: — Маланин Д. Б., Технический редактор — Кутыко Н. Е.
Подписано в печать 14.10.2020 г. Отпечатано в ООО «Код-Полиграф»,
125009, Россия, Москва, пр. Девичьего Поля, д. 4.

Почтовый адрес редакции: 117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 Ж, корп. 6, ООО «НПО «Энергобезопасность»
Телефон: +7 495 665-76-00, телефон/факс: +7 495 382-79-74; e-mail: sigma08@sigma08.ru; www.sigma08.ru

© ООО «НПО «Энергобезопасность», «Надежность и безопасность энергетики»

Scientific and Engineering Journal Safety and Reliability of Power Industry

Volume 13

№3

2020

EDITOR-IN-CHIEF

Sergey I. MAGID — Dr. of Tech. Sc., Professor, Director General, JSC «Simulators of power plants and networks», Director of the Department «Technical educational systems in energy technologies» TEST UNESCO (Moscow, Russia)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Elena N. ARKHIPOVA — Dr. of Tech. Sc., Technical Director, JSC «Simulators of power plants and networks» (Moscow, Russia)

Vladimir V. KULICHIKHIN — Dr. of Tech. Sc., Deputy Director of the Department «Technical educational systems in energy technologies» TEST UNESCO (Moscow, Russia)

SECTION EDITORS

Nikolay I. VOROPAI — Corr. Member of the RAS, Dr. of Tech. Sc., Professor, Scientific Director of the Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russia) — section «General issues of safety and reliability of power industry»

Aleksandr Y. SHELGINSKY — Dr. of Tech. Sc., Professor of Heat Power Industry Department, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russia) — section «Electric power and heat generation»

Leonid A. KHOMENOK — Dr. of Tech. Sc., Professor, The head of analytical Department I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment (St. Petersburg, Russia) — section «Design, research of power equipment»

Nataliya D. CHICHIROVA — full member of the Russian Academy of Natural Sciences, Dr. of Chem. Sc., Professor, head of the Department of Thermal power plants of the «Kazan State Power Engineering University» (Kazan, Russia) — section «Operation of power plants»

Wadim STRIELKOWSKI — Ph.D., University of Cambridge, Judge Business School (Cambridge, England) — section «Power generation in foreign countries»

Irina G. AKHMETOVA — Dr. Eng., Vice-rector for research, head of the Department of Economics and Information Technologies, of the «Kazan State Power Engineering University» (Kazan, Russia) — section «Digital technologies and economy»

Nikolay N. SHVETS (PhD (Ec.)), Professor, Head of the World Electric Power Industry Department, MGIMO University of the Russian Federation Ministry of Foreign Affairs) — section Energy Related Aspects of International Relations

Aleksey I. TADZHIBAYEV — Honoured Power Engineer of the Russian Federation, full member of the Academy of Electrical Engineering Sciences, Doctor of Engineering, Head of FSAEI of Advanced Professional Training «PEIPK» (St. Petersburg, Russia) — section «Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing in Power Engineering»

EDITORIAL BOARD

Anton N. VIVCHAR — Cand. of Geogr. Sc., Advisor of Director of Federal State Autonomous Institution Research Institute «Environmental Industrial Policy Centre»

Hristo S. DRAGANICHEV — Professor of the Varna Technical University (Varna, Bulgaria)

Evgeny P. GRABCHAK — Deputy Minister of the Ministry of Energy of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Ilyas Sh. ZAGRETDINOV — Cand. Sc. (Eng), Director of JSC «Institute Teploelectroproject» (Moscow, Russia)

Sylvio SIMON — Prof. Dr.-Ing., Brandenburg University of Technology (Cottbus-Senftenberg, Germany)

Nikolay A. ZROICHKOV — Dr. of Tech. Sc., Professor, «G. M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute» (Moscow, Russia)

Marat H. G. IBRAGIMOV — Dr. of Tech. Sc., Professor, First Deputy Chairman, NP «Tekhnoksp» (Moscow, Russia)

Nikolay B. KARNITSKIY — Dr. of Tech. Sc., Professor, head of the department of thermal power plants, the Belarus National Technical University (Minsk, Belarus)

Sergey A. KROPACHEV — Dr. of Hist. Sc., Rector of the Energy Institute for Advanced Studies of JSC Mosoblenergo (Moscow, Russia)

Boris M. LARIN — Dr. of Tech. Sc., Professor, Department of chemistry and chemical technology in the power industry, of the «Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin» (Ivanovo, Russia)

Mikhail Yu. LVOV — Dr. of Tech. Sc., Adviser to the General Director of United Energy Company JSC (Moscow, Russia)

Nurmammad Y. MAMMADOV — professor, head of Department «Construction of engineering systems and facilities», Azerbaijan University of Architecture and Construction (Baku, Azerbaijan)

Mikhail E. MARCHENKO — Cand. of Tech. Sc., Director, «Eniv», LLC (Moscow, Russia)

Vladimir E. MESSERLE — Dr. of Tech. Sc., Professor, Head Research Fellow of the Research institute of experimental and theoretical physics, the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan)

Sergey V. MISHCHERYAKOV — Dr. of Econ. Sc., Cand. of Tech. Sc., Director General of the Non-profit Partnership «Corporate Training and Scientific Center of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)

George MORVA — Sc. Dr., Professor, the Budapest Polytechnic University (Budapest, Hungary)

Leonid P. MUZYKA — Cand. of Tech. Sc., Director, «Resurs-Personal», LLC (Omsk, Russia)

Aleksandr N. NAZARYCHEV — Dr. of Tech. Sc., Professor, Rector of the «Petersburg power engineering institute of professional development» (St. Petersburg, Russia)

Vladimir A. NEPOMNYASHCHIY — Academician of the RANS, Dr. of Econ. Sc., Professor, Cand. of Tech. Sc. (St. Petersburg, Russia)

Mikhail M. PCHELIN — Class I State Councilor of the RF (retired), awardee of the Prize of the Council of Ministers of the USSR (Moscow, Russia)

Aleksandr E. UZHANOV — Cand. of Sociol. Sc., Associate Professor of World Power Industry Department, International Institute of Energy Policy and Diplomacy, MGIMO of the Russian Federation Foreign Ministry, associate member of the Academy of Military Sciences (Moscow, Russia)

Karel FRANA — Prof. Dr. — Ing. habil, Technical University of Liberec (Liberec, Czech Republic)

Mikhail I. CHICHINSKIY — Cand. of Tech. Sc., Inspector General / Head of the Department of technical supervision and audit, PJSC «Federal Grid Company of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)

Founder and publisher: Scientific and Production Association «Energobezопасnost».
Frequency of the edition four times a year. Published since 2008.

The journal is registered in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communication, Communications and the Protection of Cultural Heritage. Certificate III № ФЦ77-31974 dated May 14, 2008.

The journal is included into the SCADT's List of major reviewed scientific journals and publications, which shall publish the key scientific findings of theses for academic degrees of Doctor and Candidate of Sciences. The Journal is included in the following databases: RINC, VINITI, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory.

The journal is associated with the UNESCO International Center of Training Systems and the UNESCO International Chair Network «TVET».

Artistic editor: Malanin D. B. Technical Editor: Kutko N. E. Signed in the press on October 14, 2020.
Printed in LLC «Code-Poligraf», Proyezd Devich'yego Polya, 4, Moscow, 119121, Russia.

Mailing address of the editorial office: NPO «Energobezопасnost» Build. 6, 125 «Zh» Varshavskoye Shosse, Moscow, 117587.
Tel: +7 495 665-76-00, tel./fax: +7 495 382-79-74; e-mail: sigma08@sigma08.ru; www.sigma08.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

- Магид С. И., Загреддинов И. Ш., Мищеряков С. В., Архипова Е. Н., Самойлов В. Л.** Нормирование цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики (часть 3)164
- Желтухина Е. С., Павлова М. В., Зиганшин М. Г.** Моделирование сжигания топлива в котлоагрегатах большой и малой производительности для понижения токсичности продуктов горения188
- Зизаева Р. Р., Ужанов А. Е.** Коммуникационная технология управления кризисом в условиях массового нарушения электроснабжения в период «ледяных дождей»197

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЕТЫ

- Куменко А. И.** Организационные риски обеспечения надежности турбоагрегатов ТЭС и АЭС207
- Фархадзаде Э. М., Мурадалиев А. З., Абдуллаева С. А., Ашурова У. К.** Классификация интегральных показателей оперативной эффективности работы объектов ЭЭС218

ИНФОРМАЦИЯ225

ЮБИЛЕИ И НАГРАЖДЕНИЯ226

ХРОНИКА, ПУБЛИКАЦИИ230

ДО ГОРИЗОНТА СОБЫТИЙ: ФАКТЫ, МНЕНИЯ, МЕТАФОРИЗМЫ240

CONTENTS

GENERAL ISSUES OF RELIABILITY AND SAFETY OF ENERGY

- Magid S. I., Zagredtinov I. Sh., Mishcheryakov S. V., Arkhipova Ye. N., Samoylov V. L.** Standardization of digital technologies of simulator systems as a method of ensuring reliability of conditions of service of power engineering facilities (part 3)164
- Zheltukhina E. S., Pavlova M. V., Ziganshin M. G.** Modeling of fuel combustion in boilers of large and small capacity to reduce the toxicity of combustion products188
- Zizayeva R. R., Uzhanov A. Ye.** Communication technology of crisis management in conditions of mass disruption of power supply in the period of «ice rains»197

DESIGN, RESEARCH, CALCULATIONS

- Kumenko A. I.** Organizational risks of ensuring the reliability of turbine units at TPP and NPP207
- Farhadzadeh E. M., Muradaliyev A. Z., Abdullayeva S. A., Ashurova U. K.** Classification of integral indicators of EPS operational efficiency218

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-164-187>

УДК 621.311

Нормирование цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики (часть 3)

Магид С. И.^{1*}, Загредтинов И. Ш.², Мищеряков С. В.³, Архипова Е. Н.¹, Самойлов В. Л.⁴

¹ АО «Тренажеры электрических станций и сетей», Варшавское шоссе, д. 125Ж, корп. 6, 117587, г. Москва, Россия

² АО «Институт Теплоэлектропроект», Спартаковская ул., д. 2а, стр. 1, 105066 г. Москва, Россия

³ Некоммерческое партнерство «Корпоративный образовательный и научный центр Единой энергетической системы им. А. Ф. Дьякова», ул. Красноказарменная д. 13, к. "П", 111250, г. Москва, Россия

⁴ ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», ул. Автозаводская, д. 14, 115280, г. Москва, Россия

Поступила / Received 05.08.2019

Принята к печати / Accepted for publication 19.03.2020

Рассмотрены проблемы создания нормированных цифровых тренажерных систем с целью обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики. Изложены причины, которые препятствовали обеспечению эффективности функциональных свойств тренажерных систем для подготовки эксплуатационного персонала, у всех разработчиков в энергетической отрасли. Основные из них заключались в отсутствии методологии и методики разработки базовой подсистемы тренажера — математической модели энергообъекта, поскольку в имевшихся стандартах, нормах и технических требованиях речь шла только о требованиях к структуре и функциональным свойствам подсистем тренажера. Эти причины и обстоятельства определяют современное состояние российского тренажеростроения, негативные тенденции которого подробно рассмотрены в данной статье. Дана критическая оценка разработкам тренажеров некоторых российских специалистов, которые не способствуют повышению качества подготовки и переподготовки эксплуатационного персонала энергопредприятий. Определена концепция физико-статистического подхода к разработке имитационной модели энергообъекта, которая включает в себя аналитическое описание физических процессов в объекте моделирования, адаптированное к реальным процессам с учетом выборочных наблюдений в реальном масштабе времени, накоплением и анализом данных статистических процедур с корректировкой структуры модели и оценкой параметров и состояний модели объекта. Концепция этого подхода определяет основную сторону современной методологии в постановке и решении всех задач моделирования энергообъектов для тренажеростроения. Западные санкции и требования импортозамещения определяют необходимость отечественных разработок по основным позициям производства и внедрения новой техники в энергетической отрасли, в том числе и в области тренажеростроения. При разработке отечественных тренажеров следует иметь в виду, что принципы и технические правила энергетического оборудования, приобретаемого в западных странах, в том числе и систем автоматического управления этим оборудованием, не соответствуют аналогичным, в рамках которых построена и функционирует ЕЭС России. Отмечается, что при реальных условиях эксплуатации отечественных энергообъектов надежность оперативного, обслуживающего и ремонтного персонала приобретает определяющее значение. Указывается, что с целью ее повышения необходимо разработать новый нормативный документ, в котором была бы раскрыта цель его разработки, а именно, обеспечение единства и эффективности методологии разработки структуры и функций цифровых технологических систем для подготовки персонала энергопредприятий

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нормирование, цифровые технологии, тренажерные системы, объекты электроэнергетики, надежность обслуживания

Адрес для переписки:

Магид С. И.

АО «Тренажеры электрических станций и сетей»

Варшавское шоссе, д. 125Ж, корп. 6, 117587, г. Москва, Россия

e-mail: magid@testenergo.ru

Address for correspondence:

Magid S. I.

JSC «Simulators of power plants and networks»

bldg. 6, 125Zh, Varshavskoe shosse, 117587, Moscow, Russia

e-mail: magid@testenergo.ru

Для цитирования:

Магид С. И., Загредтинов И. Ш., Мищеряков С. В., Архипова Е. Н., Самойлов В. Л. Нормирование цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики (часть 3). Надежность и безопасность энергетики 2020. – Т. 13, №3. – С. 164 – 187.

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-164-187>

For citation:

Magid S. I., Zagredtinov I. Sh., Mishcheryakov S. V., Arkhipova Ye. N., Samoylov V. L. [Standardization of digital technologies of simulator systems as a method of ensuring reliability of conditions of service of power engineering facilities (part 3)]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry 2020, vol. 13, no. 3, pp. 164 – 187. (in Russian)

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-164-187>

Standardization of digital technologies of simulator systems as a method of ensuring reliability of conditions of service of power engineering facilities (part 3)

Magid S. I.^{1*}, Zagredtinov I. Sh.², Mishcheryakov S. V.³, Arkhipova Ye. N.¹, Samoylov V. L.⁴

¹ JSC «Simulators of power plants and networks», bldg. 6, 125Zh, Varshavskoe shosse, 117587, Moscow, Russia

² JSC «Teploproekt Institute», Spartakovskaya St, 2a, bldg 1, 105066, Moscow, Russia

³ NP «CTSCenter UES named after A. F. Dyakov», Krasnokazarmennaya street, 13P, 111250, Moscow, Russia

⁴ JSC «All-Russia Thermal Engineering Institute», 14 Avtozavodskaya St, 115280, Moscow, Russia

The article deals with the issues of creating standardized digital simulator systems, in order to ensure reliable service conditions of electric power facilities. The article presents the reasons which prevented all simulator designers in power engineering from ensuring efficient functional properties of simulation systems for operator training. The primary problem was the lack of methods and procedures for developing the simulator's core subsystem – a mathematical model of a power facility, because the existing standards, norms and technical requirements were only concerned with the structure and functional properties of simulator subsystems. These reasons and circumstances determine the current state of the Russian simulator production; its negative trends are covered in depth in this article. There is also a critical assessment of simulators designed by some of the Russian engineers: these machines are not conducive to improving the quality of training and retraining of operating personnel of power companies. The article identifies the concept of a physical-statistical approach to developing a power facility simulation model: it includes preparing an analytical description of the physical processes at the simulation object, adapted to real processes, taking into account real-time sample observation, collecting and analyzing statistical procedure data, adjusting the model structure and assessing the parameters and states of the facility model. This approach concept defines the main aspect of modern methodology for setting and achieving all goals related to the energy facility modeling for simulator construction. Western sanctions and import substitution requirements dictate the necessity of developing home-grown technology, manufacturing and introducing new equipment in power engineering, including the sphere of simulator production. The designers of Russian simulators should understand that the principles and technical rules of power equipment imported from Western countries, including automatic control systems for such equipment, are different from the ones which the Unified Power System of Russia is based on. It is emphasized that, in real operating conditions of Russian power facilities, reliability of operation, maintenance and repair personnel is essential. It is noted that, in order to improve this reliability, it is necessary to develop a new regulatory document which would fully explore its topic: ensuring consistent and efficient methods for developing the structure and functions of digital technological systems for training power facility personnel.

KEYWORDS: standardization, digital technology, simulator systems, electric power facilities, maintenance reliability

Введение

В первых двух частях данной статьи¹ были рассмотрены вопросы нормирования цифровых тренажерных систем подготовки оперативного и ремонтного персонала для обеспечения надежности условий обслуживания основных объектов электроэнергетики. Первые нормативные документы отрасли [1, 2] были разработаны с целью обеспечения **единства структуры и эффективности функций технических систем и средств для подготовки персонала** энергопредприятий, энергосистем и объединений и утверждены Минэнерго СССР в 80-х годах прошлого столетия.

Таким образом, планировалось организовать единую государственную эффективную систему подготовки, переподготовки и непрерывного повышения квалифи-

кации оперативного, обслуживающего и ремонтного персонала электроэнергетики.

Указанная система подготовки персонала была реализована только частично в связи с распадом СССР и реформированием единой энергосистемы.

Кроме того, основная цель первого этапа нормативизации — обеспечение **единства** структуры и эффективности функций технических систем и средств для подготовки персонала фактически и не могла быть полностью достигнута из-за наличия следующих обстоятельств.

Во-первых, как начальные, так и все последующие стандарты, нормы и технические условия определяли только **требования** к функциональным свойствам подсистем тренажера, а именно: к рабочему месту оператора, рабочему месту инструктора, модели объекта регулирования, модели системы регулирования, учебно-методическому обеспечению и т. д., а вопросы **методологии и методики** разработки базовой подсистемы тренажера — **математической модели объекта** в указанных нормативных документах вообще не рассматривались.

Во-вторых, перед разработчиком средства реали-

¹ Магид С. И., Загредтинов И. Ш., Мищеряков С. В., Архипова Е. Н., Самойлов В. Л. Нормирование цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики (часть 1) // Надежность и безопасность энергетики 2019; 12 (3): 177–189. (часть 2) // Надежность и безопасность энергетики 2020; 13 (1): 17–28.

зации тренажера, а именно, его программного обеспечения (ПО), вставали вопросы разработки **программной тренажерно-моделирующей среды**, которая и должна моделировать теплотехническое, электротехническое и водоподготовительное оборудование и процессы в них. Указанные вопросы собственно программирования также не нормировались и не рассматривались.

И в-третьих, существующие разработки тренажеров отечественных и зарубежных фирм, связанных с авиацией, атомной энергетикой и военно-промышленным комплексом были в те времена, **строго засекречены**, так что вся информация методологического, методического и технико-применительного характера для разработчиков тренажеров традиционной энергетики была практически недоступна.

Таким образом, в сложившихся условиях добиться единства и эффективности структур и функций тренажерных систем для подготовки персонала было практически невозможно, поскольку методология разработки собственно тренажеров не была сформулирована и, естественно, не стандартизирована, а указанные «причины» или «обстоятельства» и определили то состояние в тренажеростроении, которое мы имеем на данный момент времени. Его негативные тенденции были фрагментарно рассмотрены в первой части статьи.

В связи с этим представляет определенный интерес рассмотреть далее более подробно эти самые *негативные тенденции или отрицательные тренды* образцов современного тренажеростроения, касающиеся как уже упомянутых «дискуссионных» реализаций, так и более поздние «проблемные» или «полемиические» внедрения отечественных разработчиков.

Однако, прежде чем приступить к рассмотрению и анализу указанных материалов, считаем целесообразным ознакомиться с разделом, отражающим мнение современного экспертного сообщества по затронутой тематике.

Современные научно-технические требования и рекомендации при моделировании эргатических (человеко-машинных) распределенных систем

Основные проблемы, которые возникают при разработке математического и программного обеспечения современной тренажерной техники, так или иначе связаны с адекватным описанием энергообъекта, соответствующих систем контроля и управления, специфических свойств человека-оператора, т. е. с необходимостью адекватного отображения распределенных технологических эргатических систем.

Современные научно-технические требования и рекомендации при разработке методологии и реализации моделей эргатических систем энергообъектов для тренажеростроения² следующие:

² С. И. Магид. Теория и практика тренажеростроения для тепловых электрических станций. – М.: МЭИ 1998.
С. И. Магид, И. М. Ибрагимов. Моделирование энергетических

• Постановка и решение задач адекватного описания исследуемой системы в любой области знания, как известно, имеют шансы на успех лишь в той мере, в какой удастся найти подходящие средства, т. е. математический аппарат для описания задачи, достаточно полно учитывающий ее специфику и обладающий вместе с тем необходимым уровнем абстракции, обеспечивающим приемлемую общность подхода.

• Применительно к разработкам математического и программного описания эргатических систем тренажерной подготовки оперативного персонала энергообъектов проблема поиска подходящего количественного аппарата, способного к адекватному отображению наиболее существенных сторон взаимосвязанного функционирования оператора и машинной части тренажерного комплекса, определяющих надежность оперативного персонала, в период реформирования электроэнергетики и износа основных фондов, становится особенно острой.

Правомерность и целесообразность тех или иных подходов к разработке математической модели энергообъекта для тренажера определяется теми возможностями единой количественной меры, которые имеет разработчик для описания процессов в подсистемах энергообъекта, обладающих различными физическими характеристиками.

Приемлемая общность методик при этом может быть достигнута лишь в тех случаях, когда эта мера настолько абстрактна и универсальна, что не зависит от физической сущности характеризующих ее процессов и инвариантна по отношению к конкретным реализациям моделей энергообъектов.

Другими словами, разрабатываемое программное обеспечение должно быть пригодным для количественного описания функций и человека, и машины независимо от содержания выполняемых ими задач, условий работы и всех других факторов, характеризующих их взаимодействие.

• В общем случае в соответствии с традиционной классической гносеологией (теорией познания) научно-познавательный процесс разработки современного ИТ-тренажера заключается в переходе от вопроса к проблеме, затем к гипотезе, которая после достаточного экспериментального обоснования превращается в теоретическую модель. Таким образом, гносеологическая цепочка: вопрос — проблема — гипотеза — эксперимент — модель определяет и структуру, и сущность методологии имитационного моделирования энергетических объектов.

• Критерии научности, включенные в структуру научной методологии, призваны отсеять проблемы от псевдопроблем, а также оценить продукты и методы

систем. М.: «Апарт» 2002.

Энергобезопасность и человеческий фактор. Сборник статей под редакцией д.т.н., профессора Магида С. И. – Москва – Краснодар. Издательство «Энергобезопасность» 2006 г.

С. И. Магид, Е. Н. Архипова. Тренажерная подготовка персонала энергетики. – М.: Издательство «Энергобезопасность», 2017. – 150 с.: ил.

познания на основании их соответствия или несоответствия стандартам науки. В настоящее время, как правило, определяются следующие основные критерии научной методологии: объективность, опытная подтверждаемость, рациональность, воспроизводимость, интересобъективность, общезначимость, формальная непротиворечивость, когерентность.

- Кроме того, тренажер, как обучающее устройство, должен удовлетворять целевой функции человеко-машинной системы для подготовки персонала, а методология разработки тренажера должна соответствовать системно-эргономическому подходу. На основании указанных требований производится анализ и синтез структур тренажера, как программно-технического комплекса, и практическое решение задач моделирования энергообъекта-прототипа.

- 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, т. е. погрешности моделирования, обеспечивающих необходимую эффективность обучения.

- 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.

- Один из аспектов моделирования — относительная условность уровня познания, достигнутого создателем модели, другой аспект — обязательная способность моделей к расширению. Таким образом, вначале вводится некоторая опорная информация, т. е. достаточно репрезентативные сведения, которые путем уменьшения избыточности получают из исходных данных, затем должна иметься возможность постепенно вводить все новые знания в уже построенную модель: если при этом установленные рамки для модели становятся слишком тесными, необходимо расширить выбранный основной класс моделей.

- Существенным элементом взаимодействия опе-

ратора и машинной части системы является тот факт, что и контролируемые процессы, и сама деятельность оператора, рассматриваемая как процесс, как правило, носят явно выраженный динамический характер и потому могут быть описаны надлежащим образом лишь в функциях, явно зависящих от времени.

- Любые попытки использования количественных оценок на основе конечной совокупности постоянных во времени критериев, параметров или других величин, определяемых по среднестатистическим данным, или статическим расчетам и распространяемых на конечные отрезки времени функционирования, не могут привести к адекватным математическим моделям, обеспечивающим прогнозирование работы как энергообъекта, так и обучаемых операторов.

- Оператор способен оценивать ситуацию и формировать решение на управление не только в зависимости от наличия тех или иных сигналов, но и в связи с моментами времени их реализации, в связи с чем можно утверждать, что любой сигнал информационного интерфейса полезно служит задачам контроля и управления только будучи соотношенным к моменту времени его реализации.

- Необходимо определение всего комплекса психофизиологических свойств и характеристик человека, которые оказываются существенными для операторской деятельности и которые, следовательно, должны быть отражены в соответствующих моделях, призванных для ее математического описания.

- При понимании и учете сознательного, творческого характера деятельности человека возникает необходимость постановки и решения задач, связанных с нахождением объективных оценок некоторой субъективной его деятельности, т. е. в классификации и анализе причин отказов, аварий и других аномальных ситуаций.

- Свойства и характеристики человека, связанные с его способностью к самообучению и самоорганизации деятельности на базе предыдущего опыта, определяют необходимость решения ряда вопросов при разработке методологии моделирования эргатических систем, т. е. адекватного отображения способностей человека к учету предыстории, интерполяции и экстраполяции контролируемых процессов, его адаптации к окружающей обстановке и выбору оптимальной стратегии поведения.

- Необходимость учета в интегральных моделях эргатических систем латентного (запаздывающего) периода реакции человека-оператора на предъявленный ему сигнал оказывает существенное влияние как на конструкцию интерфейса энергообъекта (тренажера), так и на организацию учебного процесса для приобретения оператором реальных когнитивных и моторных навыков, с учетом того, что, кроме временного сдвига реакции по отношению к сигналу, это явление предопределяет временную дискретизацию процесса обработки сигналов и сопровождается неизбежными потерями той части сигналов, темп поступления которых (частота) превосходит быстродействие оператора.

Далее, с учетом изложенных требований и рекомен-

даций рассмотрим некоторые материалы, посвященные тренажерной тематике.

Системные парадоксы «высокоточного» моделирования

В конце 2013 года в издательстве Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ) была выпущена в свет трехтомная монография «Теория и технология систем управления» под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. Ю. С. Тверского [3]³.

Цель издания, анонсированная авторами, — показать особенности и ключевые наукоемкие аспекты новой технологии создания территориально-распределенных многофункциональных АСУТП электростанций на базе ПТК сетевой иерархической структуры.

Актуальность постановки задач рассматриваемой монографии трудно переоценить в связи с современной общей ситуацией в российской экономике и в электроэнергетике, в частности. Западные санкции и требования импортозамещения диктуют необходимость наличия отечественных разработок по основным позициям производства и внедрения новой техники. Тем не менее, и, особенно в электроэнергетике, поставки новой техники идут в подавляющем большинстве случаев с Запада, включая системы автоматизированного управления этим оборудованием и системы тренажерной подготовки персонала, которые, судя по экспертным оценкам Минэнерго РФ, в основном, *не соответствуют принципам и техническим правилам, в рамках которых построена и функционирует ЕЭС России. Вследствие этого, «статистические данные за несколько последних лет показывают, что в электроэнергетике в настоящее время сложилась устойчивая тенденция роста количества крупных аварий, имеющих системное значение»*⁴.

В связи с изложенным представляет значительный интерес рассмотрение вопроса — что же нового, в итоге, предлагают авторы монографии при разработке и внедрении современных отечественных систем управления и тренажерной техники?

Подробный анализ монографии смотри в [5], здесь же мы приводим лишь выводы из указанной статьи.

1. Цель изданной монографии показать особенности и ключевые наукоемкие аспекты новой технологии создания территориально-распределенных многофункциональных АСУТП электростанций на базе ПТК сетевой и иерархической структуры, по нашему мнению, достигнута лишь частично, *причем только в плане постановки задач* разработки новой методологии функционального, конструкторского и технологического проектирования АСУТП.

2. Принципиальные авторские особенности новой

наукоемкой технологии создания АСУТП электростанций включают в себя следующее:

- полигонные испытания АСУТП с *«встроенной» полноценной и высокоточной моделью технологического объекта реального времени, информационно совместимой с ПТК управляющей системы;*
- базовую теоретическую концепцию разработки полноценных моделей оборудования и процессов, заключающуюся в том, что в основе современной теории построения *высокоточных всережимных математических моделей лежат фундаментальные законы неравновесной термодинамики (феноменологический подход), позволяющие получать обобщенные распределенные трехмерные нелинейные (всережимные) детерминированные динамические модели высокой точности, с использованием, прежде всего, данных заводов-изготовителей;*

3. Однако базовая теоретическая концепция, позволяющая строить «полноценные высокоточные математические модели» на основе «фундаментальных законов неравновесной термодинамики (феноменологический подход)», используя, прежде всего, «данные заводов-изготовителей», вызывает большие сомнения. Это связано с тем, что закономерности нормативных методов (уравнения кинетики, тепломассообмена, материального баланса и пр.), по которым проектанты завода-изготовителя рассчитывают энергообъект (котел, турбину, вспомогательное оборудование) в условиях эксплуатации значительно искажаются, т. е. изменяется форма и степень связи между переменными из-за изменения масштабов процесса, влияния помех, шумов различного рода, отклонения от идеальных условий.

Указанные обстоятельства определяют возможность использования физических, химических, термодинамических, механических закономерностей, нормативных документов только на первой стадии моделирования (так называемая *гипотетическая* или *аналитическая модель*) в связи с тем, что техническая реализация результатов синтеза такой модели приводит к значительному несоответствию модели объекту и требует существенной корректировки полученных результатов.

Отсюда возникает специфика постановки и решения задачи *обеспечения адекватности имитационной модели*: преодоление противоречий между теоретическими познаниями и эмпирическими данными делает неизбежной рекурсивность процедуры настройки имитационной модели с возвратами на стадию собственно моделирования для корректировки структуры имитационной модели (верификация) и параметров (валидация).

Данный вывод подтверждается результатами исследований как российских, так и зарубежных ученых [5 – 11], нормативными документами как отечественными, так и иностранными [12 – 16], а также обширным опытом ведущих наладочных и научно-исследовательских организаций электроэнергетики РФ (ОРГРЭС, ЦКТИ, ВТИ и др.).

4. И, как следствие, «ключевой фактор» *новой технологии* создания АСУТП — полигонные испытания

³ Авторы: Тверской Ю. С., Демьяненко В. А., Голубев А. В., Копсов А. Я., Никоноров А. Н., Новиков С. И., Рубашкин А. С.

⁴ см. статью [4]: «Проблемы нормативно-технического регулирования в электроэнергетике», Грабчак Е. П. (Департамент оперативного контроля и управления в электроэнергетике Минэнерго России).

АСУТП с «встроенной» *аналитической* моделью объекта управления, синтезированной с использованием нормативных документов и конструктивных данных завода-изготовителя, не приводит к желаемым результатам из-за **несоответствия модели объекту и необходимости существенной корректировки полученных результатов**.

Поэтому и не вызывает возражения тезис авторов монографии о том, что «в целом работы по созданию общей теории, методологии и технологии построения всережимных, высокоточных динамических моделей сложных технологических объектов и технических систем управления **находятся в стадии незавершенных разработок**».

Таким образом, анонсированные авторами монографии «новые ключевые технологии», «научная новизна» и «революционные изменения» общей технологии создания АСУТП, остаются, к сожалению, **только лишь анонсом и благими намерениями** к дальнейшей методологической проработке.

5. И, наконец, о разработке авторами монографии «*объективных тренажеров*» или тренажеров «*третьего поколения*».

Метод «объективного» моделирования (автор — Рубашкин А. С., при участии Тверского Ю. С. — так в монографии) заключается в том, что для модели объекта строится единая система нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений, *коэффициенты* которых определяются на основе «объективных»⁵ *конструктивных данных* объекта моделирования, полученных, в свою очередь, из данных заводов-изготовителей. Указанные коэффициенты принимаются *постоянными* и «в процессе наладки и тестирования модели не меняются».

Полученная таким образом «*аналитическая объективная*» модель объявляется «*сверхточной*», и, по мнению авторов монографии, «если параметры какого-либо режима на тренажере и реальном объекте не совпадают, *то именно параметры тренажера являются правильными*, а на реальном объекте есть проблемы с источниками информации».

Указанная позиция авторов монографии прямо противоречит основным критериям научной методологии, а именно, *объективности*, которая фиксирует совпадение знаний со своим объектом и устраняет все, что связано с субъективизмом в познавательной деятельности (псевдопроблемы) и *опытной подтверждаемости*, которая фиксирует чистые данные опыта и направлена на установление реальных свойств и характеристик объекта на основе эмпирической проверки⁶.

Кроме того, мы согласны с действительно объективным мнением большинства членов экспертного сообщества, что позиция авторов монографии в части раз-

работки «объективных» и «сверхточных» моделей для тренажеров сомнительна ввиду *отсутствия* в предлагаемой методологии моделирования энергетических объектов требований обязательной (нормативной) *топологической полноты*, необходимой и достаточной *точности моделирования* в соответствии с теорией погрешностей, противоречивости самой постановки задачи *идентификации объекта* по априорной модели и, самое главное, отсутствия *естественно-научного подхода* к определению понятия *адекватности* модели энергетическому объекту.

Что же касается окончательной идентификации модели, то в этом смысле *системный парадокс* оперативной (тренажерной) модели объекта состоит в том, что *принципиально невозможно* сформировать критерий приближения к реальному объекту его модели, синтезируемой по реакциям объекта на управляемые и неуправляемые воздействия, если неизвестны эти реакции.

Таким образом, формирование критерия приближения модели тренажера к объекту можно реализовать только путем организации специальных рекурсивных экспериментальных процедур для определения реакций объекта на управляемые и неуправляемые воздействия, а именно, верификации — для корректировки структуры модели (синтаксис), и валидации — для корректировки параметров модели (семантика).

И сколько бы авторы монографии не применяли рекламных определений тренажера «полноценный», «сверхточный», «объективный», «пятого (десятого) поколения» и т. д., и т. п., несоблюдение ими критериев научной методологии, неучет опыта современных разработок, требований нормативных документов так или иначе приводит их к созданию «миражей» и известному финалу.

6. Конечного пользователя тренажерной продукции *не интересует* исходная система уравнений, описывающая энергообъект, и, тем более *метод ее решения*. Пользователь принимает *сертифицированное* техническое устройство и проверяет его по заранее оговоренному регламенту. Цель пользователя тренажерной продукции состоит в обеспечении *гарантированной*

в основе которой лежат «**фундаментальные законы неравновесной термодинамики, дает возможность получить обобщенные распределенные трехмерные нелинейные (всережимные) детерминированные динамические модели высокой точности**».

Однако, в силу того, что этот «**новый наукоемкий объективный метод**» прямо противоречит принятым критериям научной методологии, и по иронии судьбы, именно, критерию «**объективности**», необходимо, по нашему мнению, поставить перед каждым из **семи (!)** определений слова — модели, частицу «**не**», а в определении «высокой точности» упомянутую частицу можно поставить перед любым словом, по выбору авторов.

А далее, фундаментально-неравновесным и необъективным авторам монографии следовало бы, по нашему мнению, публично признаться, как это не печально, **в полной незавершенности**, на данный момент времени, своих не совсем полных и уж совсем, конечно, не наукоемких разработок.

⁵ Отсюда и происхождение термина «объективное моделирование».

⁶ Таким образом, «**объективный метод**», позволяющий, как представляется авторам монографии, разработать удивительно-полноценную «**современную теорию построения высокоточных всережимных математических моделей**»,

успешной работы человеко-машинной системы, связанной с качественной и количественной адекватностью модели объекту-прототипу.

В связи с изложенным, при оценке монографии, по нашему мнению, необходимо учесть требования действующих «Норм годности ПСП» — СО 34.12.305-99, где сказано, что «должна обеспечиваться достаточная точность модели — когда отклонение в поведении моделируемых параметров от поведения реальных параметров настолько мало, что практически не различается обучаемыми и допускается экспертами при приемке тренажера».

Практически все подходы к оценке качества модели базируются на известном положении теории моделирования, заключающемся в том, что «оценка адекватности модели как степени схождения с оригиналом может опираться только на оценку отличия от оригинала».

Машина времени в тепловых сетях

Вопросы, затронутые в статье «Тренажер для подготовки персонала тепловых сетей» [17], чрезвычайно актуальны по причине отсутствия в современной системе подготовки оперативного персонала электроэнергетики тренажеров для подготовки персонала тепловых сетей. Актуальность тематики подготовки кадров усугубляется большим износом основного оборудования тепловых сетей крупных городов и мегаполисов РФ, что значительно увеличивает влияние человеческого фактора на общую надежность теплоснабжения.

С учетом сказанного, разработка пилотного проекта тренажера для одного из важнейших звеньев технологической цепи энергообеспечения коммунальной и промышленной инфраструктуры, без сомнения, привлечет самое пристальное внимание всех участников современного процесса подготовки оперативного персонала электроэнергетики.

Тренажер диспетчера тепловых сетей, разработанный ООО «Триеру», состоит из двух частей: математической модели тепловой сети и логической модели действий диспетчера.

Математическая модель тепловой сети рассчитывается с помощью двух **взаимодополняющих** программных модулей:

- модуль, разработанный ООО «Триеру», который представляет процессы в тепловой сети как **квазистатические**;
- модуль, разработанный специалистами МВТУ им. Баумана, который позволяет рассчитывать **динамическую** модель тепловой сети.

Преимущества первого модуля (в редакции авторов статьи) — *простота описания схемы, быстрое время счета и возможность осуществления «скачков во времени»*. Недостатки — *расчет примерного поведения процессов в тепловой сети*.

Преимущества второго модуля — *в учете реальных переходных процессов в тепловой сети, т. е. точность расчета*. Недостатки — *относительное длительное*

время расчета (по сравнению с первым модулем), сложность программирования (для чего необходима специальная программа) и невозможность осуществления мгновенного «скачка во времени».

Из теории моделирования, теории автоматического регулирования, кибернетики известно, что объекты регулирования традиционно, в первом приближении, могут быть идентифицированы как:

- **статические** («автомат без памяти») — с помощью алгебраических, трансцендентных, логических и др. уравнений, т. е. без учета времени или «предыстории» объекта;
- **динамические** («автомат с памятью») — с помощью дифференциальных уравнений в частных производных (при распределении по длине) и обыкновенных дифференциальных (интегральных, разностных) уравнений при рассмотрении сосредоточенных объектов, т. е. с учетом времени или «предыстории».

Таким образом, поскольку объект регулирования принципиально и альтернативно может быть идентифицирован только одним видом математической модели — или **статическим** (без учета времени) или **динамическим** (с учетом времени как параметра), то неясно, о каких же «квазистатических процессах» идет речь в программном модуле, разработанном ООО «Триеру».

Если речь идет о наборе статических расчетов гидравлики конкретной тепловой сети (а, скорее всего, так оно и есть), и время протекания реальных процессов здесь не учитывается, то в тренажере остается два времени — время счета модели и тренажерное текущее время.

Разработчик тренажера обычно учитывает четыре вида времени:

- **время протекания реальных процессов, характеризующее инерцию объекта моделирования** (время запаздывания, время выбега, время дотягивания) — термины из теории автоматического управления, применяемые для описания инерционных свойств объекта, т. е. то время, учет которого означает описание объекта с помощью дифференциальных уравнений, передаточных функций, преобразования Лапласа, частотных характеристик и т. п.;
- **время счета модели**, т. е. время решения программой системы уравнений, описывающих реакцию модели на входное воздействие — для динамических моделей и изменение функции при изменении аргумента — для статических моделей;
- **тренажерное текущее время**, начинающееся после включения тренажера;
- **реальное астрономическое время**.

Для динамических моделей учитываются три первые вида времени, для статических моделей только два — время счета модели и тренажерное текущее время.

В реальном астрономическом времени происходят занятия на тренажере.

По словам авторов статьи, преимущества модуля, разработанного ООО «Триеру» — **простота описания схемы, быстрое время счета и возможность осу-**

ществления «скачков во времени». Недостатки — расчет **примерного поведения процессов** в тепловой сети.

Из приведенных материалов совершенно непонятно, в чем же заключается принципиальный смысл принятых упрощений, да и как с помощью **модуля расчета** можно упростить технологическую схему тепловой сети.

Что касается времени счета модели, то современные возможности профессионального программного обеспечения и мощности компьютерной техники позволяют вести расчеты как статических, так и динамических моделей с шагом квантования по времени 1/10 | 1/12 сек. (с числом циклов до 1000).

Причем речь идет о значительных объемах тепловых и электрических схем, содержащих десятки тысяч элементов и параметров. Так что реализация гидравлических расчетов даже самых разветвленных схем тепловых сетей в режиме «он лайн» не должна вызывать принципиальных трудностей.

Но тогда, в связи с этим возникает вопрос — почему переход от одного статического состояния объекта к другому носит название **«скачка (прыжка) во времени»**? Происходит явная подмена понятий: время счета модели и тренажерное текущее время.

Это видно хотя бы из того, что, судя по статье, «пользователь может произвольно изменять внутреннее время модели с помощью прыжков во времени (естественно, только в положительном направлении — назад вернуться нельзя)».

А почему нельзя?

Во-первых, при наличии в современном тренажере набора «временных срезов», их можно «листать» с помощью меню в любом направлении и в любом порядке (как набор карточек).

А во-вторых, в современном динамическом тренажере записывается весь процесс управления объектом регулирования.

В любой момент можно остановить процесс и вернуться к исходному или любому промежуточному состоянию объекта.

В этом и смысл подмены понятий — нельзя считать наоборот (модельное время), но даже несколько устаревшие и пересматриваемые «Нормы годности» предусматривают в тренажерном текущем времени возможность остановки процесса моделирования и обратного перемещения.

Таким образом, уровень современного тренажеростроения, а также стандартные статические расчеты гидравлики тепловой сети должны обеспечить возможность реализовать в тренажере демонстрацию любых состояний сети без явно надуманных и скорее юмористических «прыжков или скачков во времени». **А так как время, как параметр, вообще не учитывается в упомянутых расчетах, то и нельзя «скакать и прыгать» в том, чего нет.**

В связи с этим, как прикажете понимать господ авторов, что «... в этом случае наиболее оптимален для использования расчетный модуль ООО «Триеру», кото-

рый позволяет **рассчитывать модель с любым временным шагом»**?

Динамическая модель тепловой сети, разработанная МВТУ им. Баумана, **негативно** характеризуется авторами с точки зрения длительности времени счета модели, сложности программирования (?), для чего необходима специальная программа (**а как по-другому?**) и невозможностью осуществления мгновенного «скачка во времени» (?).

Существует обширная литература по методам расчета тепловых сетей, которые проводятся в наше время с помощью цифровой вычислительной техники. Однако, все известные программы, в том числе и учитывающие динамику объекта, не предназначены для тренажеров. Естественно, что для конструктивных и режимных расчетов теплосетей работа модели в режиме «он лайн» не обязательна (но она обязательна для тренажеров).

Тем не менее, ни одна уважающая себя западная (кстати, как и российская) фирма не предложит пользователю вместо тренажера с математической моделью, рассчитывающей реальные динамические процессы в энергообъекте, набор статических расчетов, прикрытых нехитрой программной оболочкой, для обучения оперативного персонала, работающего в экстремальных зимних температурных условиях.

Очевидно, поэтому и появляются такие «неопределенные» понятия, как «квазистатические процессы» и «взаимодополняющие модули».

Просто расчет идет на не совсем грамотного пользователя, который не заметит трюка (или оплошности) авторов с подменой времени и поверит в пресловутые «скачки и прыжки», не существующие реально в природе. А ведь и сами авторы из ООО «Триеру», кажется, наивно верят в них.

Чего стоит их драматический пассаж:

«Эти два времени (машинное и реальное) в самом начале работы с тренажером совпадают, однако при осуществлении «прыжков во времени» они могут расходиться в десятки, сотни и тысячи раз».

И в самом деле, так как время при проведении статических расчетов не учитывается, то расхождение в машинном и реальном времени может достигнуть любого, заранее заданного числа, допустим числа атомов во всей видимой части вселенной. Так что авторы в этом случае просто поскромничали. Тренажерное текущее время — это просто то время, на которое будет включен тренажер, а оно может быть любым (например, бесконечным) и статические расчеты модели сети тут совершенно ни при чем.

Помимо четырех видов времени, применяемых в тренажерах, для «квазистатических» моделей ООО «Триеру» появляется новое, дополнительное «внутреннее время модели, которое пользователь может произвольно изменять с помощью прыжков во времени».

Вопрос: какие же свойства объекта моделирования описывает «квазистатическая» модель ООО «Триеру», если у нее появляется новое, фантастическое «внутреннее» время, позволяющее осуществлять прыжки и путешествия во времени, реализующие-

ся простым «щелчком мышки по строке времени»?

И уж совершенно неясно, каким образом происходит «**взаимодополнение**» двух принципиально различных моделей, разработанных к тому же разными фирмами, когда одна из моделей **статическая** (или «квазистатическая»), а вторая **динамическая**.

Что же касается «перемещения во времени», к которому столь активно и восторженно стремятся авторы, то для динамических моделей оно (перемещение) скромно и буднично регламентируется в «Нормах годности» в виде регулируемого **масштаба времени**.

Естественно, что это никакое не «перемещение» и не «скачки и прыжки», а просто **изменение масштаба**, т.е. процесс изменения выходных параметров модели можно или ускорить, или замедлить (до 100 раз), что в пределах астрономического времени занятия на тренажере вполне достаточно для достижения дидактических целей. Достижение указанного эффекта в динамических моделях определяется изменением структуры и соответствующих коэффициентов в дифференциальных уравнениях, описывающих объект регулирования.

Масштаб времени тренажера

$$m = \frac{t_p}{t_{сч}}$$

t_p — время протекания реальных процессов;

$t_{сч}$ — время счета модели;

Для современного IT-тренажера: $m = 10^n$, где $(-2 \leq n \leq 2)$.

С целью дидактических удобств, для организации начала тренировки, заранее вычисляются и записываются «временные срезы» состояния оборудования при различных нагрузках, времени простоя и т. д.

Все это обычно предусматривается стандартным «Техническим заданием» на тренажер и не вызывает ни технических трудностей при разработке, ни излишних вопросов при эксплуатации тренажера.

Кроме того, к сведению авторов из ООО «Триеру», в современном тренажеростроении широко применяется так называемое, «**смешанное дискретно-непрерывное моделирование**», которое употребляется тогда, когда непрерывно изменяющиеся элементы системы **не представляют интереса** для разработчика модели. Т.е. когда зависимые переменные изменяются на фиксированные значения в заданные моменты модельного времени, называемые «временами наступления событий» (см. ниже в следующей главе).

Оставляя разработчиков «тренажера тепловых сетей» разбираться с фантастическими «перемещениями во времени», которые, как и следует из фантастической же литературы, могут быть реализованы, к сожалению, пока только при условии нарушения законов физики, тем не менее, пожелаем им при разработке нового «тренажера для **реальных** тепловых сетей» основываться хотя бы на требованиях действующих «Норм годности программных средств подготовки персонала энергетики» (РД 153-34.0-12.305-99) [13].

Указанные «Нормы» требуют, чтобы:

- построение модели базировалось на основе мате-

матического описания физических процессов, происходящих в реальном объекте, в виде дифференциальных, алгебраических и логических уравнений и т. д.;

- допущения, принимаемые при построении моделей, должны обеспечивать воспроизведение качественно верной физической картины, происходящей в объекте процессов и т. д.

- Далее в «Нормах» изложены требования к полноте моделирования, достаточной точности модели и, главное, к сохранению **реального** и применению **ускоренного масштаба времени**, т.е. модель в соответствии со всеми требованиями должна быть **динамической**.

Невыполнение указанных требований согласно «Нормам» **не позволяет рассматривать** данное программное средство в **качестве тренажера**.

Отсюда следует последний вопрос: как же быть в этом случае со свидетельством №50 от 30.05.2005 г. о соответствии «тренажера тепловых сетей» «Нормам годности»?

Что же касается второй части «тренажера тепловых сетей», которая носит весьма звучное название «логическая модель действий диспетчера», то с учетом приведенных выше «требований и рекомендаций», говорить о том, что создана «логическая модель действий диспетчера» (т.е. модель действий человека-оператора), по-нашему мнению, несколько преждевременно. Для этого нужно решить достаточно много не только поставленных (см. выше) и не решенных, но даже еще не поставленных задач и проблем в области процессов центральной нервной системы человека, функционирования нервно-мышечного аппарата, мыслительных процессов и т. п.

Впрочем, эти вопросы и не относятся к компетенции разработчика тренажера.

Дай Бог справиться со своими проблемами.

И быть скромнее.

Мы бы назвали эту подпрограмму просто «Программа оценки».

В современном IT-тренажере это одна из 24 служебных подпрограмм, входящих в массив «Средства контроля» [18].

В заключение хотелось бы пожелать и авторам статьи, и разработчикам тренажера не спешить с внедрением разработок и публикацией материалов без предварительной апробации (где, как и когда авторы, наверное, знают), а редакции журнала, опубликовавшего статью [17], применять известные правила предварительного рецензирования рукописей с учетом того, что оперативный персонал тепловых сетей российской теплоэнергетики достоин иметь самые современные и адекватные целям и задачам технические обучающие устройства.

Сказка о потерянном времени в одном из цехов электрической станции или нереальное моделирование реальной энергетики

История о «машине времени в тепловых сетях» имела естественное продолжение в июле 2018 года, когда тех-

ническое руководство Нижневартовской ГРЭС получило официальное письмо Московского энергетического института (МЭИ) под рабочим названием «Исследование, разработка и внедрение тренажера водоподготовительной установки»[19].

Стандартные письма такого рода обычно пишут в закупочную комиссию предприятия во время проведения торгов, когда конкурсант что-то уточняет в Техническом задании заказчика или снижает цену предполагаемого контракта.

Однако, содержание письма, категорически отрицающее основное требование действующего российского стандарта «Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетики» [13] относительно адекватности моделирования технологического оборудования и процессов объекту-прототипу и, особенно, радикально-ультимативный вывод из письма, вызвали у адресатов-инженеров электростанции ряд вопросов, с которыми они и решили обратиться к независимым экспертам.

Вывод из письма преподавателей МЭИ был действительно сверхамбициозен и предельно краток:

«Можно сделать вывод о том, что «адекватное реальности» моделирование оборудования химического цеха *просто невозможно*. Таким образом, подход, используемый в тренажерах тепломеханического обо-

рудования *не переносим* на тренажеры химического цеха» (орфография и пунктуация сохранены).

«Независимыми экспертами», волею случая, оказались авторы данной статьи, много лет проработавшие в электроэнергетике, но и они были, тем не менее, также несколько озадачены следующими обстоятельствами: первое — *фактом признания невозможности «адекватного реальности» моделирования оборудования цеха химводоподготовки*. И второе: почему *методы расчета, например, гидравлики оборудования котло-турбинного цеха не подходят для расчета гидравлики оборудования цеха водоочистки*? По мнению экспертов, да и, вероятно, всех работников отрасли, насос, перекачивающий воду из одного бака в другой, может быть, очевидно, как рассчитан в соответствии с едиными отраслевыми нормативными документами расчета гидравлики, так и установлен в соответствии с проектом (вопреки мнению некоторых преподавателей МЭИ) в любом цехе электрической станции.

Столь «революционные» воззрения «ученых мужей» (очевидно, и женщин⁶ кафедры «*Теоретических основ теплотехники*» несомненно нужно было бы, в обозримом будущем, более детально рассмотреть на каком

⁶ Письмо подписано заведующим кафедрой «Теоретических основ теплотехники» к.т.н., доц. Орловым К. А., исполнитель Кондакова Г. Ю.



Минобрнауки России
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»
111250, Россия, г. Москва,
Красноказарменная ул., 14,
Тел. (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38
Email: universe@mpei.ac.ru
http://www.mpei.ru

**О выполнении работы
«Исследование, разработка и
внедрение тренажера
водоподготовительной установки»**

Зам. главного инженера по эксплуатации
АО «Нижневартовская ГРЭС»
Бушмакину А.Е.

Уважаемый Александр Евгеньевич!

НИУ «МЭИ» готово участвовать в работах на выполнение работ по исследованию, разработке и внедрению тренажера водоподготовительной установки АО «Нижневартовская ГРЭС».

Просим прояснить некоторые положения в ТЗ и, при необходимости внести изменения, в связи с нижеприведенной информацией, описывающей подходы по разработке обучающих тренажеров для различного оборудования в энергетике.

Можно сделать вывод о том, что «адекватное реальности» моделирование оборудования химического цеха просто невозможно. Таким образом, подход, используемый в тренажерах ТМО не переносим на тренажеры химического цеха.

В связи с вышеперечисленным подходом на бывшей кафедре Технологии воды и топлива (сейчас каф. ТОТ) НИУ «МЭИ» совместно с ООО «Триеру» с 1987 года создано более 200 тренажеров для различных ТЭС по всей России (в том числе и филиалов ИнтерРАО). При создании тренажеров используется моделирование объектов управления тренажеров персонала химического цеха на основе базы знаний объекта управления в соответствии с Нормами годности программных средств подготовки персонала электроэнергетики. Также ООО «Триеру» является единственным в России разработчиком тренажера диспетчера тепловых сетей. Тренажеры успешно используются в течение многих лет, как при подготовке персонала, так при проведении экзаменов и соревнований оперативного персонала ТЭС.

Разработанные тренажеры для филиалов АО «Интер РАО -
Электрогенерация».

	Предочистка	Обессоливание	Подпитка теплосети	Нейтр- ция	БОУ	Реагентное хозяйство	Замасл. сточ. воды	ВХР
Гусиноозёрская ГРЭС	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Ириклинская ГРЭС	✓	✓			✓			✓
Костромская ГРЭС	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Печорская ГРЭС	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Сочинская ТЭС	✓	✓		✓	✓		✓	✓
Харанорская ГРЭС	✓	✓				✓		✓
Черепетская ГРЭС	✓	✓			✓	✓		✓
Южноуральская ГРЭС	✓	✓	✓		✓	✓		✓

Зав. кафедрой ТОТ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»,
К.Т.Н., доц.



Орлов К.А.

Исп. Кондакова Г.Ю.
тел. 8(915)243-53-57
E-mail: galina@twi.mpei.ac.ru

либо из академических Ученых советов, например, РАН для дальнейшего анализа и принятия соответствующего решения.

Однако, не будем делать преждевременных «выводов из выводов», не говоря уже и об «оргвыводах», а рассмотрим коротко содержание вышеупомянутого удивительного письма.

Авторы письма выражают готовность участвовать «в работах на выполнение работ (?) по исследованию, разработке и внедрению тренажера водоподготовительной установки «Нижневартовской ГРЭС» и просят «прояснить (?) некоторые положения в ТЗ и при необходимости внести изменения (?)», в связи с нижеперечисленной информацией, описывающей подходы по разработке обучающих тренажеров, для различного оборудования в энергетике».

Таким образом, авторы письма, с завидной легкостью,

переходят от конкретных «исследований, разработки и внедрения тренажера водоподготовительной установки Нижневартовской ГРЭС» к обобщенным и бездоказательным, по нашему мнению, описаниям и корректировкам «подходов по разработкам тренажеров для различного оборудования в энергетике (?)»

Далее авторы письма предпринимают попытку собственной классификации процессов в оборудовании электроэнергетики с точки зрения необходимости (возможности, смысла) применения «фактора времени» в тренажерах для обучения оперативного персонала, а именно:

1. Тренажеры электрических сетей: «Процессы в электрических сетях распространяются очень быстро — со скоростью света. В связи с этим фактором времени в обучающих тренажерах для персонала электрических сетей можно пренебречь (?) — об-

учаемый — человек не сумеет среагировать с такой же скоростью. Поэтому основной упор (?) в таких тренажерах делается на умение правильно подбирать конфигурацию сети и осуществлять переключения в правильном порядке».

2. Тренажеры тепломеханического оборудования (ТМО): «Скорость распространения сигналов равна скорости звука и в принципе требует время реакции в десятки секунд. Этого достаточно для принятия экстренных мер оператором. Поэтому в тренажерах ТМО фактор времени очень важен — он служит для обучения персонала экстренно реагировать на возможные аварийные ситуации».

3. Тренажеры тепловых сетей: «В тренажерах тепловых сетей от НИУ «МЭИ» (?) существует возможность «скачков во времени» (?), когда математическая модель отключается (не рассчитывается), а отдельные длительные процессы (например, по заполнению участка тепломагистрали) имитируются (?). Это требует отдельного программирования (?) в каждом конкретном случае. Таким образом, фактор времени в таких тренажерах находится на границе применимости — для части действий в тренажере время может соотноситься с реальным, а для другой части — оно зачастую бессмысленно».

4. Тренажеры оборудования химического цеха: «В настоящий момент существует возможность расчета только стационарного режима в обозримое время для оборудования химического цеха (очевидно — задача — ред.) решена только для основных минеральных примесей в воде. И то, это требует значительных временных затрат, абсолютно не позволяющих использование ПО в учебных целях. А уж задача моделирования поведения всех примесей в воде и полностью не решена — так при проектировании ВПУ для предочистки всегда должны проводиться пилотные испытания — никакие расчеты, анализы примесей и т. д. не могут даже приблизительно предсказать работу оборудования».

На проблему сложности расчетов работы оборудования химического цеха накладывается большая продолжительность физико-химических процессов, когда влияние различных факторов будет обнаружено, например:

- время выхода на режим осветлителя типа ВТИ составляет несколько десятков часов;
- время фильтроцикла ионнообменного фильтра может составлять несколько дней;
- образование отложений может идти в течение нескольких месяцев;
- процессы коррозии развиваются в течение нескольких лет.

Это — якобы причины, а следствия таковы:

«Можно сделать вывод о том, что «адекватное реальности» моделирование оборудования химического цеха просто невозможно. Таким образом, подход, используемый в тренажерах ТМО не переносим на тренажеры химического цеха»

И еще один очень интересный и удивительный «вывод»:

«В настоящее время существует возможность расчета только стационарного режима, в обозримое время для оборудования химического цеха задача решена только для основных примесей в

воде. И то это требует значительных временных затрат, абсолютно не позволяющих использование ПО в учебных целях».

Таким образом, уважаемые преподаватели МЭИ делают общий фундаментальный вывод, что фактор времени действует только в тепломеханическом оборудовании энергетической отрасли. Т.е., право пользования «временными характеристиками» преподавателями МЭИ разрешено (имеет смысл) только для тепломеханической генерирующей части электроэнергетики, для остальных участников процесса тепло и электро-снабжения «фактор времени» — смысла не имеет, что несколько расходится с общепризнанной парадигмой по данному вопросу.

Рассмотрим далее достаточно важные, по нашему мнению, методологические вопросы, касающиеся следующих рассматриваемых нами тем (по мере их поступления от кафедры «ТОТ»), а именно: «фактор времени и постулат инвариантности», «общность технологий водоочистки», «основное назначение тренажера», «смешанное дискретно-непрерывное моделирование».

1. Фактор времени и постулат инвариантности (в понятиях современной физики).

Тем не менее, начнем с Аристотеля (4 век до н. э.): «Время есть число движения» — это как бы эпиграф к нашему подразделу.

Далее приведем соображения о факторе времени выдающегося русского ученого Александра Александровича Фридмана (1888–1925) — специалиста по теоретической физике [20], в своих трудах значительно расширившего теорию относительности Эйнштейна.

«Помимо геометрического пространства мы вводим физическое трехмерное пространство и физическое время, — причем, вводим их не в отдельности, когда их физическое существование немислимо, а в их совокупности, составляющей физический мир. Физический мир состоит из материи (толкая слово это в самом широком смысле), к материи принадлежат и тяготеющие массы, и электромагнитные процессы. Напомню, что именно мир состоит из материи, потому что материя в пространстве и без времени физически немислима. Мы уславливаемся об особой интерпретации геометрического мира (пространства четырех измерений) при помощи мира физического. Каждой вещи геометрического мира сопоставляется интерпретирующий ее объект (материальный) мира физического. Условившись в определенной интерпретации, будем называть четырехмерное пространство, интерпретацией коего служит физический мир, просто геометрическим миром. В физическом мире мы выделяем группу свойств, которые называем физическими законами. Для этих физических законов мы устанавливаем постулат инвариантности, заключающийся в том, что физические законы инвариантны, относительно перехода от одного способа арифметизации⁷ к другому, и отвечают, следовательно, собственным свойствам, мира геометрического.

С известной точки зрения, постулат инвариантности может бы служить определением физических законов.

Три координаты физического мира выделяем в особую груп-

⁷ Арифметизация — математическая интерпретация, моделирование.

пу пространственных координат, а четвертую координату называем временной. Для метрики геометрического мира устанавливаем особый постулат вещественности, сущность которого сводится к определенным свойствам вещественности и мнимости, которыми должен обладать интервал двух точек одновременных и двух точек, имеющих одинаковые пространственные координаты. Постулат вещественности налагает ограничительные условия не только на метрику мира, но и на произвол его арифметизации, ибо **при всякой арифметизации, и силу постулата вещественности, должна иметь место возможность выделения временной координаты**. Постулат вещественности играет весьма большую роль в так называемом *принципе причинности*; согласно этому постулату, два одновременных явления не могут быть, с помощью арифметизации, подчиняющейся постулату вещественности, приведены к одновременности. Таким образом, **причина и следствие при одном способе арифметизации мира остаются причиной и следствием также при другом способе введения мировых координат**.

Изменение пространственных координат с течением времени называем движением» (смотри эпиграф подраздела).

Итак, основные выводы:

«Напомним, что именно мир состоит из материи, потому что материя в пространстве и без времени физически немыслима».

«Для физических законов мы устанавливаем, что постулат инвариантности, заключающийся в том, что физические законы инвариантны, относительно перехода от одного способа арифметизации к другому, и отвечают, следовательно, собственным свойствам, мира геометрического».

2. Общность технологий водоочистки (взгляд на общность процессов — или — на «постулат инвариантности» д.т.н., проф А. Г. Перова. [21].

«Процессы, используемые при очистке воды (коагулирование примесей, осаждение, фильтрование, процессы окисления сорбции, ионного обмена и мембранного переноса) — те же процессы, которые используются в различных химических технологиях. Поэтому при разработке технологий очистки воды и расчете аппаратов и сооружений используются методы, основанные на тех же закономерностях, что и в химических технологиях.

По мере развития курсов «Водоснабжение» и «Технологии очистки воды» используются новые обозначения, упрощенные методы расчета, основанные на эмпирических уравнениях, мало уделяется места описанию теории процесса. **Часто даже специалистами путаются понятия (!) «процесс», «метод» и «технология».**

Несмотря на огромное разнообразие продуктов применения химических технологий, **получение их связано с поведением однотипных процессов — таких как перемешивание, нагрев, охлаждение, осаждение, химическое взаимодействие и др.** Эти процессы характеризуются общими законами гидравлики, теплопередачи, физической химии, химической кинетики и др.

Сходством характеризуются и аппараты (сооружения) применяемые в различных отраслях химической технологии, в том числе в технологиях обработки воды. Наука о процессах и аппа-

ратах химической технологии **изучает общность различных процессов и аппаратов и обобщает методы их расчетов».**

3. Основное назначение тренажера (мнение зарубежных и российских ученых о моделировании динамики и возможности упрощения теории систем в тренажеростроении).

И в самом деле, «что самое главное в тренажере?»

По мнению международного (и отечественного) экспертного сообщества — **основное назначение тренажера любого оборудования состоит в отображении информации, характеризующей реакцию системы на управляющие воздействия**.

Обычно отклик любых систем на входное управляющее воздействие или какое-либо внешнее возмущение является функцией многих факторов, достоверное знание о влиянии которых крайне важно для тех, кто изучает принципы построения данной системы, учится управлению и использованию этой системы для выполнения целевой задачи. Хранимая в тренажере информация о системе и внешних факторах **должна быть организована и обрабатываться таким образом**, чтобы воспроизводился **динамический отклик реальной системы** точно так же, как он воспринимается и используется оператором в процессе управления любым реальным объектом-прототипом [22].

Исходя из изложенного, математическая модель энергообъекта должна состоять из дифференциальных уравнений, основанных на рассмотрении физической природы процессов, т. е. стандартных балансовых уравнений, а количественные зависимости и направленность процессов должны определяться законами термодинамики, гидродинамики, аэродинамики и т. д. Зависимости между параметрами связей должны однозначно и единообразно описываться уравнениями энергетического, расходного и гидравлического балансов в элементах оборудования, а также уравнениями изменения энтальпии каждого из видов теплоносителя [23].

Так, например, теплогидравлические системы энергообъекта могут быть описаны тремя законами сохранения: сохранения массы **m**, энергии **e** и импульса **mv**. В общем виде они описываются трехмерными дифференциальными уравнениями в частных производных. Однако это не является эффективным подходом для решения задачи моделирования энергообъекта для тренажера. Вместо этого рассматриваются обыкновенные дифференциальные уравнения для дискретного контрольного объема, где свойства изменяются только по направлению потока. Такой подход дает три дифференциальных уравнения баланса для **m**, **e** и **mv**:

$$\begin{aligned}\frac{dm}{dt} &= w_{ex} - w_{вых} \\ \frac{de}{dt} &= w_{ex} h_{вых} - w_{вых} h_{вых} - W_s + Q, \\ \frac{d(mv)}{dt} &= w_{ex} v_{ex} - w_{вых} v_{вых} + \sum F\end{aligned}$$

где **w** — расход (кг/с), **h** — удельная энтальпия

(Дж/кг), W — работа (Вт), Q — тепловой поток (Дж/с), v — скорость потока (м/с), F — сила (Н).

Динамика импульса, которая определяет потоки в системе, т. е. гидравлику, является обычно величиной на порядок более быстрой по сравнению с другими динамическими характеристиками среды на энергообъектах, см. рисунок 1.

Таким образом, мы хотим здесь показать, что более быстрые динамические процессы имеют меньшую важность, но не отсутствие в модели, построенной для анализа ее человеком, через систему контроля и управления.

Динамические свойства объектов управления должны моделироваться в пределах возможностей восприятия человеком изменений инерционных свойств. Это связано с тем, что человек-оператор в процессе восприятия и переработки больших потоков информации не различает скорость изменения выходных сигналов без фиксации начала этого изменения. Здесь уместно привести высказывание Н. Винера [24] что «...событие, при котором система, начавшая свой процесс с неизвестного состояния, закачивает его в строго определенном статическом диапазоне, бывает настолько редко, что мы можем считать это чудом. Очевидно, мы не можем основывать наши экспериментальные методы на ожидании и счете чудес».

Допустимость достаточно больших отклонений временных характеристик при моделировании технологических процессов с точки зрения психофизиологии оператора можно объяснить следующим. По современным представлениям, у человека нет специального временного анализатора, равнозначного по физиологическому смыслу зрительному или слуховому [25]. Вместе с тем, каждый анализатор, наряду со своей непосредственной функцией, может при определенных условиях выполнять еще функцию отсчета времени. Зрительный анализатор служит преимущественно органом восприятия пространства. Однако ему принадлежит конкретная роль и в восприятии времени. Оно воспринимается глазом хуже, чем пространство. Это подтверждается тем, что ошибка в восприятии пространства в процессе зрительной чувствительности значительно меньше ошибки в оценке длительности.

Правомерность требования к точности статических и достаточно больших отклонений при моделировании динамических характеристик энергоблоков подтверждается как российскими исследователями [26–28] так и зарубежными материалами [28–30].



Рисунок 1. Частотные диапазоны динамических характеристик процессов в энергообъектах

Figure 1. Frequency ranges of process dynamic properties at power facilities

Так, стандарт на тренажеры энергоблоков ANS 3.5 (США) на основании опыта эксплуатации тренажеров ограничивает только величину максимальной статической погрешности, для динамической точности эти требования носят лишь качественный характер [15].

Классическим примером упрощения модели является уравнение Клапейрона-Менделеева для идеального газа. В этой модели давление P является выходной характеристикой системы — газа, которая в соответствии с **законом функционирования** описывается уравнением:

$$P = n \frac{RT}{V},$$

где T — абсолютная температура, V — объем, R — постоянная, n — количество молей.

В этой формуле n выступает как внутренний параметр системы, а вектор микросостояния системы, составленный из координат и компонент скоростей молекул газа, вообще не фигурирует.

В связи с этим основоположник современной теории информации и кибернетики американский ученый У. Эшби пишет, что «...теория систем должна строиться на методах упрощения (simplification) и, по сути дела, представлять собой **науку упрощения**».

Более того, пренебрежение принципами системного анализа о необходимости и достаточности приводит к тому, что разработчик модели столь многомерной и сложной иерархической системы, какой является современная электрическая станция, «...вынужден нагромождать одно логическое условие на другое, поправку на поправку, пока все это латаное сооружение не рухнет под собственной тяжестью» (Н. Винер [24]).

4. Смешанное дискретно-непрерывное моделирование (к методам организации сценариев тренировок при дискретизации моделирования).

Содержание предыдущего подраздела касалось **непрерывных процессов**.

С имитацией **дискретных событий** мы встречаемся в тех случаях, когда зависимые системные переменные изменяются на фиксированные значения в заданные моменты модельного времени, называемые «временами (наступления) событий». Иными словами, система человек — машина изменяет свое состояние только при наступлении «события» (обычно это начало или завершение некоторой задачи оператора в рамках имитационной модели его деятельности). Такой тип

моделирования применяется тогда, когда непрерывно изменяющиеся элементы системы **не представляют интереса для разработчика модели**. Изменение показания модельных «часов» (переменной, представляющей время при моделировании) в дискретном моделировании обычно производится при совершении какого-либо события (например, «проскок» солей в фильтре ХВО, окон-

чение продувки (промывки) пароперегревателя при пуске котла, синхронизация генератора и т. д.).

В смешанных дискретно-непрерывных моделях переменные могут изменяться как дискретно, так и непрерывно. Поведение системы имитируется посредством пересчета значений непрерывных переменных на малых дискретных интервалах времени и повторяющихся величин переменных, которые изменяются только при наступлении событий.

При смешанном моделировании рассматриваются два типа событий: событие-время и событие-состояние. К первому типу относятся те события, которые обычно используются в дискретных моделях (например, задачи оператора). События второго типа заранее не планируются и происходят тогда, когда некоторая системная переменная достигает конкретного состояния (заданного значения или определенного уровня, например, сигнализации, защиты, блокировки).

Таким образом, **смешанное дискретно-непрерывное** моделирование применяется, практически, **для любых систем энергетического оборудования.**

Неоценимый вклад неадекватной информативности в научные исследования энергетики. Интерпретаторы относительной информативности.

Итак, продолжаем наш виртуальный экскурс по кафедрам Московского энергетического института. Так, в статье журнала «Вестник МЭИ» [31] читаем:

«На протяжении нескольких лет кафедра АСУТП МЭИ проводит **исследования на тренажерах** теплофикационного энергоблока Т-250 и ПГУ-450Т Калининградской ТЭЦ. Результаты испытаний, полученные на тренажерах в условиях отсутствия возможности проведения натурных экспериментов, вносят свой неоценимый вклад в проведении научных исследований.

Кафедра ставит перед собой ряд задач, решение которых возможно только с применением тренажеров:

- снятие кривых разгона технологических параметров, наладка регуляторов, получение переходных процессов контуров регулирования;
- проведение испытаний разработанных новых систем автоматического регулирования и управления;
- исследование возможностей и целесообразности участия энергоблоков типа Т-250 и ПГУ-450 в нормированном первичном и автоматическом вторичном регулированиях частоты электроэнергии и мощности энергосистем в условиях современного рынка, разработка и оптимизация алгоритмов реализации указанных режимов;
- создание и исследование способов расширения регулировочного диапазона, оптимизация режимов работы исследуемых энергоблоков;
- изучение влияния температуры наружного воздуха на энергетические показатели и маневренные характеристики энергоблоков;
- расчет технико-экономических показателей работы оборудования и энергоблока в целом;
- анализ влияния изменения начальных и конечных параметров пара на эффективность работы оборудования;

- отработка пуско-остановочных, аварийных режимов и внештатных ситуаций с оценкой безопасности, эффективности и экономичности.

Похожие исследования ведутся сотрудниками ОАО «ВТИ», но их основное направление — изучение прочностных характеристик оборудования в переходных режимах».

Объем исследований, намеченных кафедрой, впечатляет. Как говорил поэт: ... «Я планов наших люблю громадьё!»... Но планы зачастую... остаются планами. Впрочем, с другой стороны, это обычный план работ отдела автоматики любого *советского* научно-исследовательского института 70–80% годов прошлого века типа ЦНИИКА, ЦКТИ, ВТИ и т. п. ..., но в учебном ВУЗе? Ведь, наверное, нужно еще и студентов как-то обучать??

И попутно возникает еще ряд вопросов. Во-первых, в составе оборудования Калининградской ТЭЦ нет энергоблоков Т-250 МВт. Отсюда вопрос — что же Вы исследовали? Во-вторых, исследовательские работы подобного рода проводились (и проводятся) всегда «на натуре», т. е. на специально сконструированных экспериментальных стендах или на реально работающем оборудовании. В-третьих, причем здесь тренажеры? (Слово тренажер происходит от слова train — англ. — тренировать, обучать). Цель создания этих устройств и состоит, именно, в обучении людей, хотя бы и студентов, в привитии им навыков и умений управлять тем самым оборудованием, на котором в будущем будут работать эти люди (студенты), которых Вы обучаете, уважаемые преподаватели! Цель, именно, в этом, а все не в проведении исследований для решения, вероятно, весьма нужных и необходимых промышленности, проблем?! А в четвертых, уважаемые господа преподаватели, ваше утверждение, что «... похожие исследования ведутся сотрудниками ОАО ВТИ», Вас, вероятно, не должно касаться. Ведь ВТИ — это по статусу — научно-исследовательский институт, а не высшая (но, все-таки, школа!). И на Вас, совсем-таки, и не «похожа». А в пятых — совсем уж непонятная коллизия. Как это, в знаменитом на весь мир институте, было организовано «изучение прочностных характеристик энергетического оборудования» именно на тренажерах да еще, вдобавок, и «в переходных режимах»? Откуда и куда переходят эти режимы? И основное: из какого же места этих несчастных «тренажеров» Вы предлагаете сотрудникам ВТИ вырезать образцы для металлографических анализов при проведении столь высоконучных исследований?

Однако, вернемся на кафедру АСУТП МЭИ. Оказывается...

«... Кафедра делает упор (!) на изучении на тренажере режимов работы оборудования энергоблока ПГУ-450 при частичных нагрузках с учетом современных требований к качеству производимой электроэнергии и мощности в рыночных условиях и на улучшении маневренных характеристик оборудования ПГУ и технико-экономических показателей путем поиска способов расширения регулировочного диапазона и оптимизации режимов работы оборудования и систем управления».

Таким образом, судя по направленности режимных задач и требований к качеству производимой энергии и прочим показателям надежности и экономичности, планируется выработать на тренажере рекомендации для реального работающего энергопроизводящего оборудования.

Однако, смеем заметить, тренажер — даже самый адекватный, разработан только лишь для получения навыков и умений у человека-оператора с учетом его физиологических возможностей к восприятию информации о статических и динамических реакциях объекта на управляющие воздействия и, в принципе, не предназначен для проведения на нем каких-либо научно-исследовательских работ, направленных на оптимизацию режимов эксплуатации и разработку реконструктивных мероприятий.

И если, тем не менее, «... кафедра делает упор на изучении на тренажере режимов работы оборудования энергообъектов», не для цели обучения студенческого контингента (за что, в принципе, ей и перечисляют заработную плату), а для достижения каких-либо других, более конкретных «в рыночных условиях» прагматических целей, то хотелось бы «с этого места подробнее» услышать что-либо об этих фактах.

Но авторы статьи непреклонны в своем первомайско-призывном пафосе:

«... Прогресс развития (?) энергетической отрасли не стоит на месте. Непрерывно обновляются оборудование и технологии, обеспечивающие повышение надежности и экономичности работы энергетических установок. Появление новой техники при сохранении старой базы знаний приводит к неминуемому росту числа аварий, связанных с человеческим фактором. В избежании этого необходима постоянная переподготовка и переквалификация оперативного персонала, при этом очевидно на целесообразность применения специальных тренажеров.

Наибольшее распространение получили компьютерные тренажеры, основанные на моделировании технологических процессов в имитируемых объектах, наиболее информативными считаются тренажеры, построенные на базе аналитических моделей объекта».

Анализируя приведенную цитату из начала статьи [31] уважаемых преподавателей МЭИ: «...Прогресс развития энергетической отрасли не стоит на месте», с учетом того, что слово «прогресс» (лат. — progressus) означает — «движение вперед», можно сделать «глубокомысленный» вывод, что российская энергетика движется именно вперед, а не вправо и не влево, и, в то же время, «не стоит на месте». А словосочетание «прогресс развития», очевидно, носит жаргонный характер и обретает смысл только на кафедре АСУТП. Но это только начало, эти погрешности в русском (латинском) языке — беда не большая, МЭИ — ведь не гуманитарный ВУЗ, обойдетесь.

А дальше — больше: авторы рассматриваемой статьи [31] вступают уже в прямое нарушение самого важного документа в российской энергетике — ПТЭ (Правила технической эксплуатации электрических станций и

сетей Российской Федерации — [32], а именно утверждают следующее:

«...Во избежание аварий, связанных с человеческим фактором, необходима постоянная переподготовка и переквалификация оперативного персонала, при этом очевидно необходимость специальных тренажеров».

На эту тему обратимся к «первоисточнику» [32], утвержденному Минэнерго и зарегистрированному в Минюсте РФ:

«§ 1.3.4. На энергообъектах должна проводиться постоянная работа с персоналом, направленная на обеспечении его готовности к выполнению профессиональных функций и поддержании его квалификации. Объекты для подготовки персонала должны быть оснащены техническими средствами обучения и тренажа».

– И никакой «постоянной переподготовки и переквалификации»...

Представьте себе электростанцию, где постоянно весь персонал занимается этой самой «переквалификацией»! А кто же тогда будет выдавать «на гора» киловатт-часы и гигакалории? — Мрак ... и глупость, — вспоминается А. И. Герцен и декабристы: «... страшно далеки они от народа...».

Но далее начинается самое интересное, связанное, очевидно, с прагматикой, «рыночными условиями» и т. п., о которых хотелось бы услышать поподробнее...

Слово авторам статьи:

«Наибольшее распространение получили компьютерные тренажеры, основанные на моделировании технологических процессов в имитируемых объектах, наиболее информативными считаются тренажеры, построенные на базе аналитических моделей объекта».

Оппоненты: во-первых, «наибольшее распространение получили компьютерные тренажеры, основанные на моделировании технологических процессов в имитируемых объектах» — да, других типов компьютерных тренажеров в мире практически нет, поэтому — почему «наибольшее распространение»?

Во-вторых, «наиболее информативными считаются тренажеры, построенные на базе аналитических моделей. Вопрос — считаются кем? (Естественно, кроме некоторых сотрудников кафедры).

Мнение № 1 Российской Академии Наук (член-корреспондент РАН, д.т.н., проф. Попырин Л. С. [7]):

«Применительно к энергетике противоречие семантического содержания аналитической модели и эмпирическими фактами выглядит следующим образом. Современные энергообъекты, рассматриваемые как объект моделирования, в большинстве своем нестационарны, нелинейны, многомерны, со многими внутренними обратными связями, невелика или

отсутствует вовсе априорная информация о форме и степени взаимосвязи между переменными в динамике в реальных условиях эксплуатации. Это значительно усложняет получение их адекватного математического описания. Использование разработчиком модели для этой цели априорной информации, которая имеется, например, в распоряжении конструктора (физические, химические, механические закономерности, нормативные документы) в большинстве случаев вызывает затруднения. Это определяется следующим.

Закономерности (уравнения кинетики, тепломассообмена, материального баланса и пр.) при эксплуатации энергообъекта значительно искажаются, т. е. изменяется форма и степень связи между переменными из-за изменения масштабов процесса, влияния помех, шумов различного рода, отклонения от идеальных условий.

Кроме того, математическая модель должна включать одновременное влияние на выходную переменную всех входных параметров: однако это уравнение не может быть получено из уравнений зависимостей выходной переменной от каждого из входных параметров, тем более, что для реальных тепловых и электрических процессов все переменные по своей природе стохастические».

Мнение № 2 Российской Академии Наук (д.т.н., проф Дозорцев В. М.) [11]:

«Действительно, исследования динамического поведения нелинейной системы дифференциальных и конечных уравнений размерностью несколько тысяч переменных (включая огромное число «внутренних» (фазовых) переменных тренажерной модели) при произвольно изменяющихся входных воздействиях, на первый взгляд, представляются нереальными... Отсюда специфика постановки и решения задачи обеспечения адекватности тренажерной модели: во-первых, адекватность должна быть гарантирована на достаточно полном множестве статических и динамических режимов технологических объектов; во-вторых, огромная размерность и многосвязность модели делают неизбежной рекурсивность процедуры настройки тренажерной модели с возвратами на стадию собственно моделирования для уточнения структуры модели; в-третьих, основным источником информации о поведении моделируемого технологического процесса являются оценки экспертов-технологов, опытных производственников и др.; наконец, сами цели компьютерного тренинга определяют акцент на обеспечение адекватности при «произвольном» манипулировании моделью»

Внимательно прислушиваясь к мнению ведущих современных российских ученых, выскажем некоторые соображения по данному вопросу.

Во-первых, дадим слово представителям МЭИ:

«В основу современных компьютерных тренажеров заложены математические модели явлений, происходящих в имитируемых сложных объектах.

Математическая модель представляемого объекта описывается системами математических уравнений (дифференциальными, интегральными, алгебраическими), логических выражений и неравенств. Так образуется связь между входными и выходными параметрами объекта.

Математические модели могут быть получены эмпирическими, полуэмпирическими или аналитическими путями. В зависимости от способа получения модели существуют различные подходы к построению тренажера, что влияет на область его применения.

Тренажеры, математическая модель которых представлена эмпирически, т. е. построена на экспериментальных данных при идентификации объекта имеют ряд существенных недостатков».

Далее идет перечисление этих недостатков:

- «– внутренняя структура объекта со всеми протекающими внутри физико-химическими процессами остается неизвестной, а потому модель менее информативна;
- использование интерполяции промежуточных значений и экстраполяции выходящих за границы полученных экспериментальных данных уменьшают достоверность процессов;
- точность снижена из-за представления нелинейного объекта линейным, а также получения опытных данных с заведомой погрешностью;
- получение исходных данных возможно только при проведении активного эксперимента на действующем оборудовании, следствием чего может послужить возникновение нештатной аварийной ситуации;
- построение модели в отсутствие реального объекта невозможно».

И, тем не менее,

«достоинством таких тренажеров можно считать высокую точность в опытных точках при проведении большого числа экспериментов».

Естественный вопрос: каким образом модель приобретает высокую точность при одновременном уменьшении информативности?

А далее идет потрясающий посыл:

«Диаметральной противоположностью эмпирической модели является аналитическая модель. Закладываемая в тренажер, она основывается на уравнениях законов сохранения вещества, энергии, количества движения и т. п. Коэффициенты, включенные в эти уравнения, рассчитываются, исходя из конструктивных и проектных данных моделируемого объекта».

Преимущества такого подхода, по мнению авторов статьи, следующие:

- «– он более информативен в силу прозрачности внутренней структуры объекта;
- моделируемый объект описывается системой уравнений, отражающей его поведение во всех режимах эксплуатации;
- выделение граничных условий позволяет учитывать и влиять на внешние возмущения объекта;
- построение модели возможно в отсутствие реального объекта».

С целью повышения доказательной базы полезности «диаметрально-противоположного» подхода к моделированию авторами статьи сооружается некая графическая конструкция, приведенная на рисунке 2.



Рисунок 2. Влияние информативности и адекватности тренажера в зависимости от используемой математической модели

Figure 2. The impact of information value and adequacy of a simulator depending on the used mathematical model

Рассмотрение этого изображения, в том числе двух разнонаправленных (диаметрально-противоположных) понятий: *адекватности*⁸ и *информативности*⁹ наводят читателя на мысль о прагматичности и явной нелогичности авторов рисунка на границах рассма-

⁸ *Адекватный* — [лат. *adaequatus* приравненный] Вполне соответствующий, совпадающий, тождественный. Адекватные понятия (аналогичный, аутентичный, идентичный)

⁹ *Информативный* — содержащий значительное количество информации, наполненный информацией. *Информация* — [лат. *informatio* осведомленность, просвещение] 1. Сообщение, осведомляющее о положении дел, о состоянии чего-л. Средство массовой информации — пресса, радио, телевидение. 2. Сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специальными устройствами и являющиеся объектом хранения, обработки и передачи. 3.Синонимы к слову информативность: избирательность, интерактивность, коммуникативность, адекватность.

Источник: РАН, Институт русского языка им. В. В. Виноградова. Кра-син Л. Л. Толковый словарь иноязычных слов. Москва. Экспо, 2010 г.

триваемой области: не может же быть аналитическая модель при полной информативности полностью неадекватной.

Однако, слово авторам:

«Основная причина, ограничивающая право на использование компьютерного тренажера в качестве инструмента для исследований, — адекватность его выводимой информации, т. е. соответствие полученной информации от тренажера его реальному объекту...

При проведении модельных исследований важно, чтобы модель содержала как можно больше информации, сопоставимой с реальным объектом.

Поэтому в рамках исследуемой задачи можно принять, что если результаты экспериментов, полученных на тренажере, ложатся в разброс натурных испытаний с некоторой заданной вероятностью, то такая модель адекватна реальному объекту. Доверительная вероятность устанавливает точность поведения модели, ограничивая выход результатов за границы доверительного коридора. Такой метод оценки адекватности достаточно прост и пригоден как для статических характеристик, так и для динамических.

На рисунке 3 приведен пример проверки статической характеристики объекта: опытные показатели максимальной электрической мощности ПГУ-450 от температуры наружного воздуха, полученные на тренажере (сплошная линия), сравниваются с аналогичными проектными. На основе данных тренажера построен доверительный коридор при доверительной вероятности $P_{\text{дов}} = 0,95$ (наружные сплошные линии). Имеющиеся проектные данные показаны пунктирной линией; кривая по проектным данным располагается внутри коридора, что подтверждает положение об адекватности тренажера.

Что, кстати, прямо противоречит выводам, сделанным из рассмотрения рисунка 2, из которого видно, что аналитическая модель при максимальной информа-

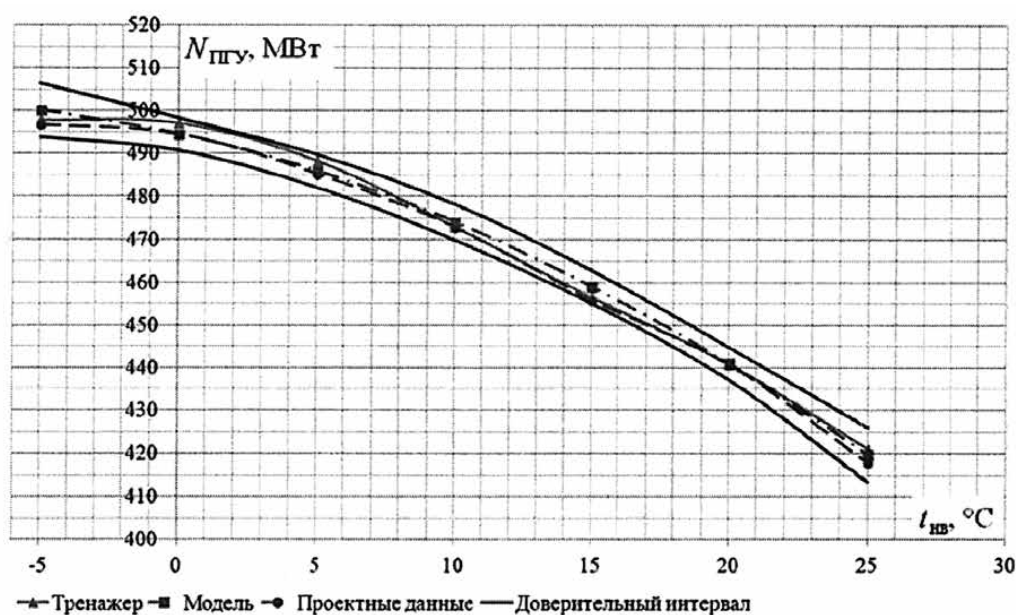


Рисунок 3. Оценка адекватности тренажера для статического процесса

Figure 3. Evaluating the simulator adequacy for a static process

тивности имеет близкую к нулю адекватность.

Таким образом, представители МЭИ пытаются здесь доказать, что аналитическая модель энергообъекта имеет противоречащие друг другу свойства информативности, являясь *адекватной* и *неадекватной одновременно*. Подобные утверждения не совместимы с логическим законом противоречия, и их вообще невозможно доказать.

Но за счет чего создается все-таки видимость убедительности данного рассуждения?

Она связана с подменой утверждения «быть информативным не значит быть адекватным» утверждением «быть информативным значит не быть адекватным», но это совершенно разные утверждения. Верно, что информативность не обязательно является адекватной, но неверно то, что информативность обязательно неадекватна. Подмена происходит почти незаметно, когда утверждение происходит в сокращенной форме. Но стоит развернуть сокращение «информативность — это не адекватность» (в семантическом — вербальном или в графическом виде), как эта подмена становится явной.

Таким образом, мы имеем здесь дело с типичной формой *постановки проблем* в древней Греции, а именно, с *софизмом*. Но софизмы использовались и теперь продолжают использоваться также для другой цели — для тонкого, завуалированного обмана. В этом случае они выступают в роли особого приема интеллектуального мошенничества, попытки выдать ложь за истину и тем самым ввести в заблуждение.

Софизмы являются логически неправильными заключениями, выдаваемыми за правильные и доказательные. Софизмы могут основываться на *логических ошибках*, таких, как умышленная подмена тезиса доказательства, несоблюдение правил логического вывода, принятие ложных посылок за истинные и т. п.

Так, первый *тезис доказательства истинности*, т. е. адекватности модельных исследований авторов статьи следующий:

«В рамках исследуемой задачи можно принять, что, если результаты экспериментов, *полученных на тренажерах*, ложатся в разброс *натурных испытаний*, с некоторой заданной вероятностью, то такая модель адекватна *реальному объекту*».

Однако на рисунке 3 и комментариям к нему в доказательство адекватности модельных исследований авторов приводится уже второй, причем совершенно другой — «подмененный» *тезис доказательства*, а именно:

«*опытные показатели* максимальной электрической мощности ПГУ-450 от температуры наружного воздуха, *полученные на тренажере* (сплошная линия), сравниваются с *аналогичными проектными*».

Таким образом, вместо обещанных *натурных испытаний* (т. е. испытаний реального объекта-прототипа) и сравнения его с результатами испытаний тренажера, мы получили очень похожие для неопытного читателя

«*натурные испытания*» или «*опытные показатели*», но не реального объекта, а тренажера и сравниваем его опять-таки с «аналогичными проектными показателями», показателями, по которым рассчитана модель тренажера.

Т. е. на рисунке 3 приведены и фактически сравниваются *три варианта расчета по одной и той же методике показателей* моделируемого энергообъекта: 1. — *тренажера* — показатели снятые с интерфейса собственно тренажера (результаты работы ПО); 2 — *модели* — данные расчетов разработчика тренажера¹⁰; и 3. — *проектные данные* — данные расчетов завода-изготовителя энергообъекта, которые положены в основу расчетов разработчика тренажера. Т. е. круг замкнулся — рассматриваются три варианта одного и того же расчета *по одним и тем же формулам*: тренажер — модель — проектные данные. И, вполне естественно, что результаты этих расчетов ложатся без всякого разброса на одну и ту же кривую.

А где же «натурные испытания» на реальном оборудовании, в разброс значений которых должны быть положены результаты экспериментов? В этом и заключается «умышленная подмена тезиса доказательства» и «принятие ложных посылок за истинные». И о какой адекватности реальному объекту в данном случае может идти речь?

И, тем не менее, авторами из МЭИ делается «скромный», но достаточно амбициозный вывод: «Такой метод оценки адекватности *достаточно прост и пригоден* как для статических, так и динамических характеристик».

Наш вывод несколько отличен от приведенного: «Такой метод оценки адекватности достаточно прост, но, к сожалению, *не пригоден* для оценки степени адекватности как для статических, так и динамических характеристик».

Конечно, мы далеки от мысли, что наши уважаемые коллеги из МЭИ сознательно применяют «приемы интеллектуального мошенничества». Впрочем, они сами открыто признаются в том, что «результаты испытаний, *полученные на тренажерах в условиях отсутствия возможности проведения натурных экспериментов*, вносят свой неоценимый вклад в проведении научных исследований». Наличие «отсутствия возможности и т. д.» связаны, очевидно, с прагматичностью устремлений исследователей «в рыночных условиях», а также незнанием с определением понятия «информативность», когда «полностью знакомый и понятый текст считается безынформативным»¹¹. Наша цель состоит в том, чтобы определить истинное положение вещей в решении данной проблемы, а уж оценить весомость причин «*отсутствия возможности*» проведения натурных экспериментов и оценить «*неоценимый вклад в науку*» этих исследований мы хотели бы предоставить как заказчику указанной работы, так и нашим читателям.

¹⁰ ООО «Тренажеры для электростанций» Рубашкин В. А.

¹¹ Дмитриевская И. В. Текст как система: понимание, сложность, информативность. — Иваново: Изд-во Ивановского гос. ун-та, 1985. — С. 48. — 88 с.

Тем не менее, существуют ли официальные методы борьбы с подобными попытками умышленной подмены тезисов доказательства адекватности программной продукции?

Существуют. Так согласно действующему стандарту ГОСТ Р ИСО /МЭК 9126-93 (*Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению*) раздел 5.3.2.1. — «Выбор метрик — показателей качества»:

«Метрики могут по-разному зависеть от окружения и фаз процесса разработки, в которых они используются. Метрики, используемые в процессе разработки, должны быть соотнесены с соответствующими метриками пользователя, потому что метрики из представления пользователя являются решающими».

«Метриками пользователя» во всем мире (кстати, российский стандарт является аутентичным текстом международного стандарта ИСО/МЭК 9126-91) являются измеряемые параметры объекта пользователя: температура, давление, расход, сила тока, напряжение, мощность.

Причем «метрики пользователя», что существенно, *«измеренные непосредственно на функционирующем объекте, нельзя заменять метриками, полученными в результате заводского (конструкторского) расчета».*

В действующем «Руководящем документе» концерна «Росэнергоатом» «Требования к техническим средствам обучения для подготовки персонала атомной станции» — РД ЭО 0278-01, раздел 4.6. «Требования к точности и достоверности моделирования» однозначно регламентирует *соответствие параметров тренажера параметрам энергоблока-прототипа* с допустимым отклонением 1,0% для температур и давлений и 2,0% для **мощностей и расходов**, входящих в систему защит, и 10% для остальных параметров.

Для оценки адекватности переходных процессов применяется так называемый критерий успешности, т. е. не количественный, а качественный подход.

В оборонных и аэрокосмических отраслях промышленности РФ в регламенты приемочных испытаний тренажерных комплексов вносятся только процедуры режимных сравнительных испытаний с оценкой качества путем количественной оценки адекватности *параметров* тренажера объекту-прототипу.

В США и странах Евросоюза тренажерные комплексы атомных и традиционных электростанций оцениваются по регламентированной количественной сравнительной оценке выходных параметров модели тренажера и объекта-прототипа для статических характеристик, для динамических характеристик точность носит лишь качественный характер (Стандарты — ANSI-3.5, ISASP 77.20).

Таким образом, мнение мирового экспертного сообщества едино: *адекватность — единственный показатель качества разработки моделей для тренажеров электроэнергетики* в связи с тем, что только адекватностью модели определяется достоверность реакции тренажера на управляющие воздействия, и определяться адекватность должна по результатам *натурных*

испытаний на объекте прототипе. Информативность не может являться эталонным показателем качества моделей в связи с тем, что по определению она является *прагматичной*, а значит и *относительной*, и потому что уже на стадии анализа она входит в систему связей со множеством предполагаемых интерпретаторов¹².

Обобщая вышесказанное, можно заметить, что современное развитие цифровых информационных технологий определяет повышенные требования к знанию отечественной и зарубежной нормативно-технической документации, и поэтому формула Герцена «варварская сбивчивость понятий» никогда не была так актуальна.

Заключение

Таким образом, по мнению международного (и отечественного) экспертного сообщества — *основное назначение модели тренажера любого оборудования состоит в отображении информации, характеризующей реакцию системы на управляющие воздействия*.

Обычно отклик любых систем на входное управляющее воздействие или какое-либо внешнее возмущение является функцией многих факторов, достоверное знание о влиянии которых *крайне важно* для тех, кто изучает принципы построения данной системы, *учит-ся управлению и использованию этой системы для выполнения целевой задачи*. Хранимая в тренажере информация о системе и внешних факторах *должна быть организована и обрабатываться таким образом, чтобы воспроизводился динамический отклик реальной системы* точно также, как он воспринимается и используется оператором в процессе управления любым реальным объектом-прототипом.

Так как же реализовать эти безусловно-необходимые и теоретически справедливые требования в практике разработки новых технологий тренажерных систем?

Ниже мы приводим в кратком (тезисном) виде соображения авторов данной статьи по указанному вопросу.

1. Соответствие модели оригиналу может быть выражено в точных математико-логических терминах изо- и гомоморфизма [33]. Следует заметить, что для любых физически реализуемых систем отношение изоморфизма всегда есть идеализация. Отношение же гомоморфизма, будучи рефлексивным и транзитивным, симметричным не является.

Отсутствие в гомоморфной модели свойства симметричности делает ее (в качестве модели используется гомоморфный образ) и оригинал неравноправными:

- модель проще оригинала и отношение «быть моделью» оказывается не отношением типа равенства (эквивалентности), а отношением сходства или толерантности;
- реализуется идея не тождества, а всего лишь подобия.

Главное в гомоморфных моделях сводится к свертыванию доступной нам информации об исследуемых процессах и объектах, содержащих множество второ-

¹² Что фактически и произошло с «интерпретаторами» кафедры АСУ ТП МЭИ.

степенных, не существенных данных в гораздо более компактную и обозримую форму. Причем соотношение между степенью свертывания второстепенной информации об объекте и уровнем детализации имитируемых функций и систем объекта является одним из принципиальных положений построения математических моделей для тренажеров при физико-статистическом подходе.

2. Концепция физико-статистического подхода к анализу технологических объектов заключается в том, что структура модели исследуемого объекта должна быть сформирована на основе физико-технологического

анализа причинно-следственных связей переменных объекта и возмущений внешней среды, а оценка параметров модели должна проводиться статистическими методами по конкретным данным функционирования технологического объекта. Концепция этого подхода определяет основную сторону методологии в постановке и решении всех задач моделирования энергообъектов для тренажеростроения [34, 35].

3. Структурная схема идентификации имитационной модели энергообъекта с позиций физико-статистического подхода приведена на рисунке 4.

На левой ветви схемы показаны этапы извлечения

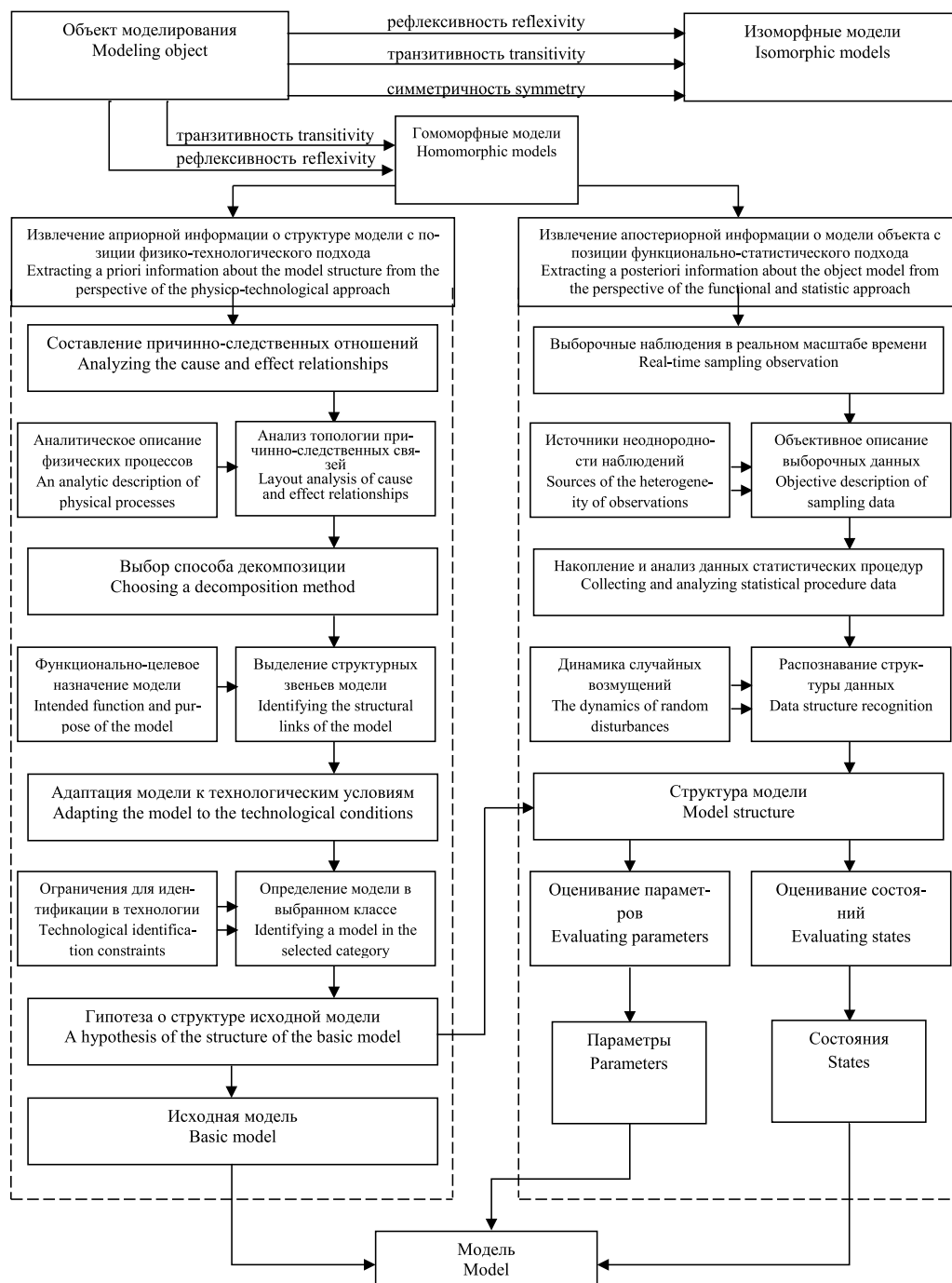


Рисунок 4. Идентификация имитационной модели энергообъекта с позиций физико-статистического подхода
Figure 4. Identifying a simulation model of a power facility from the perspective of the physico-statistical approach

информации, необходимой для выдвижения гипотезы относительно структуры модели, выбранной в рамках некоторого класса моделей, например, дифференциальных уравнений, уравнений в конечных разностях, алгебраических уравнений, графиков и др. Для этого используются данные на физико-технологическом уровне знаний и представлений причинно-следственных связей идентифицируемого объекта.

На правой ветви схемы приведены этапы извлечения информации о модели объекта с позиций функционально-статистического подхода к изучению закономерностей поведения идентифицируемого объекта. Результаты анализа данных, проводимого в условиях неопределенности модели и организованных статистических процедур, дают основу для подтверждения или пересмотра структуры модели, выдвинутой с позиций физико-технологического подхода (верификация). После выполненного таким образом физико-статистического обоснования структуры модели решаются традиционные задачи оценивания параметров и состояния объекта (валидация).

Таким образом, имитационная модель энергообъекта, разработанная с позиции физико-статистического подхода, включает в себя аналитическое описание физических процессов в объекте моделирования, адаптированное к реальным процессам с учетом выборочных наблюдений в реальном масштабе времени, накоплением и анализом данных статистических процедур с корректировкой структуры модели и оценкой параметров и состояний модели объекта.

Выводы

1. Первые нормативные документы электроэнергетической отрасли [1, 2] были разработаны с целью обеспечения единства **структуры и эффективности функций** технических систем и средств для подготовки персонала энергопредприятий, энергосистем и объединений и утверждены Минэнерго СССР в 80-х годах прошлого столетия.

Планировалось организовать единую эффективную государственную систему подготовки и непрерывного повышения квалификации оперативного, обслуживающего и ремонтного персонала электроэнергетики.

Указанная система подготовки персонала была реализована только частично в связи с распадом СССР и реформированием единой энергосистемы.

2. Основная цель первого этапа норматизации — обеспечение единства и эффективности структуры и функций технических систем и средств для подготовки персонала фактически не могла быть полностью достигнута из-за наличия следующих обстоятельств:

Во-первых, как начальные, так и все последующие стандарты, нормы и технические условия определяли только **требования к структуре и функциональным свойствам подсистем тренажера**, а именно: к рабочему месту оператора, рабочему месту инструктора, модели объекта регулирования, модели системы регулирования, учебно-методическому обеспечению и

т. д., а вопросы **методологии и методики** разработки базовой подсистемы тренажера — **математической модели объекта** в указанных нормативных документах вообще не рассматривались.

Во-вторых, перед разработчиком средства реализации тренажера, а именно его программного обеспечения (ПО), вставляли вопросы разработки **программной тренажерно-моделирующей среды**, которая и должна моделировать *теплотехническое, электротехническое и водоподготовительное оборудование и процессы в них*. Указанные вопросы собственно программирования также не нормировались и не рассматривались.

И в-третьих, существующие разработки тренажеров отечественных и зарубежных фирм, связанных с авиацией, атомной энергетикой и военно-промышленным комплексом были в те времена, **строго засекречены**, так что вся информация методологического, методического и технико-применительного характера для разработчиков тренажеров традиционной энергетики была практически недоступна.

3. Таким образом, если в сложившихся условиях *единства структур* тренажерных систем с большими допусками еще можно было добиться, то обеспечить *эффективность функциональных свойств* тренажерных систем для подготовки персонала у *всех разработчиков отрасли* было практически невозможно. Это обуславливалось тем, что методология разработки собственно тренажеров не была сформулирована и, естественно, не стандартизирована, а указанные причины и обстоятельства и определили то состояние в тренажеростроении, которое мы имеем на данный момент времени, и его негативные тенденции рассмотрены в данной статье.

4. Актуальность нормирования цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов российской электроэнергетики трудно переоценить в связи с общей ситуацией в российской экономике. Западные санкции и требования импортозамещения диктуют необходимость наличия отечественных разработок по основным позициям и производства и внедрения новой техники в том числе и в тренажеростроении.

5. Тем не менее, и особенно в электроэнергетике, поставки и новой техники идут в подавляющем большинстве случаев с Запада, включая системы автоматизированного управления этим оборудованием, которые судя по экспертным оценкам Минэнерго РФ, в основном, не соответствуют принципам и техническим правилам в рамках которых построена и функционирует ЕЭС России.

Вследствие этого «статистические данные за несколько последних лет показывают, что в электроэнергетике в настоящее время сложилась устойчивая тенденция роста количества крупных аварий, имеющих системное значение» [4].

6. В этих условиях надежность оперативного, обслуживающего и ремонтного персонала приобретает определяющее значение. С целью ее повышения не-

обходимо разработать новый нормативный документ, в котором была бы раскрыта цель его разработки, а именно: обеспечение единства и эффективности методологии разработки структуры и функций цифровых технологических систем для подготовки персонала энергопредприятий.

Список использованных источников

1. РД 34.12.302 (СО 153-34.12.302). Указания по построению комплекса обучающих и тренажерных систем для подготовки эксплуатационного персонала энергоблоков ТЭС, АЭС, предприятий электросетей, энергосистем и объединений 1986 г.
2. РД 34.12.303. Основные технические требования к комплексным тренажерам для подготовки эксплуатационного персонала энергоблоков тепловых электростанций 1988 г.
3. Теория и технология систем управления. Многофункциональные АСУТП тепловых электростанций. В 3-х кн. / Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. Ю. С. Тверского; ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина». – Иваново 2013.
4. Грабчак Е. П. Проблемы нормативно-технического регулирования в электроэнергетике // Надежность и безопасность энергетики 2015; 4 (31): 7–13.
5. Магид С. И., Архипова Е. Н., Куличихин В. В. Актуальные вопросы развития тренажеростроения современной электроэнергетики // Надежность и безопасность энергетики 2015; 4 (31): 20–34.
6. Ротач В. Я. Об уточнении основных положений теории автоматического управления недетерминированными объектами. / Теория и практика построения и функционирования АСУ. // Сб. науч. тр. М.: МЭИ 1998.
7. Попырин Л. С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия 1978; 416.
8. Магид С. И., Архипова Е. Н., Музыка Л. П. Надежность персонала — одна из основных гарантий безопасности. // Надежность и безопасность энергетики 2008; 1: 22–33.
9. Магид С. И., Архипова Е. Н. Антропогенные и техногенные факторы риска энергоэффективности опасных производственных объектов топливно-энергетического комплекса. // Международная конференция «IX семинар ВУЗов по теплофизике и энергетике»: сборник докладов / в 4 т. Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т 2015.
10. Hall W. Environmental Impact of Control, International Federation of Automatic Control, 6th Triennial World Congress, Boston, Cambridge, Massachusetts, USA, Plenary papers IFAC, USA 2005.
11. Дозорцев В. М., Агафонов Д. В. Новый подход к обеспечению адекватности тренажерных моделей сложных технологических процессов. // IV Всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2009 г. Санкт-Петербург.
12. СТУ 115.015-2003. Прикладные программные средства тренажеров тепловых электрических станций и сетей. – М.: Министрство РФ по связи и информатизации 2003.
13. Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетики РД 153-34.0-12.305-99 – Москва, РАО «ЕЭС России» 1999.
14. СТО 1.1.1.01.004.0680–2006 «Технические средства обучения». Росэнергоатом.
15. American National Standard Nuclear Power Plant Simulators for use in Operator Training, ANSI/ANS-3.5-1985.

16. American National Standard Fossil Power Plant Simulators. Functional Requirements (Draft). ISA SP77/20, 1993.
17. Очков В. Ф. и др. Тренажер для подготовки персонала тепловых сетей./М.: Энергосбережение и водоподготовка 2007; 1.
18. Магид С. И., Загретдинов И. Ш., Музыка Л. П., Архипова Е. Н. Человеческий потенциал и концепция обеспечения надежности в электроэнергетике./М.: Энергосбережение и водоподготовка 2005; 3.
19. <https://www.testenergo.ru/files/mpei2nvgres.pdf>
20. Фридман А. А. Мир как пространство и время. М.: Наука 1965.
21. Фрог Б. Н., Первов А. Г. Водоподготовка. Учеб. для вузов: – М.: Издательство АСВ 2015.
22. Человеческий фактор Под редакцией под редакцией Г. Салвенди. В 6-ти тт. Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов: Пер. с англ. / Холдинг Д., Голдстейн И., Эбертс Р. И др. – (Часть II. Профессиональное обучение и отбор операторов). – М.: Мир, 1991. – 302 с.: ил.
23. Магид С. И., Загретдинов И. Ш., Львов М. Ю., Мищеряков С. В., Сысоева Л. В., Музыка Л. П., Кропачев С. А., Архипова Е. Н. Человеческий потенциал и надежность электроэнергетики. Омск-Москва. Издательство «ТЭСТ» 2005.
24. Винер Н. Кибернетика. Наука 1983.
25. Багрова Н. Д. Фактор времени в восприятии человеком. Л.: Наука 1980.
26. Бичаев Б. П. Метод определения допустимой погрешности моделирования параметров, используемых для оценки обучаемых в тренажерах // Управляющие системы и машины 1980; 3.
27. Плютинский В. И., Охотин В. В. Методика оценки точности динамических моделей тренажеров энергоблоков // Теплоэнергетика 1985; 10.
28. Магид С. И., Ибрагимов И. М. Моделирование энергетических систем. М.: «Апарт», 2002.
29. Arthorn C. H. Nuclear power plant training simulator // «ASEA-Journal». 1973 Vol. 46; 3: 73.
30. Schwarz O., Schlegel G. Ausbildung von Kraftwerkspersonal für fossilbefeuerte Kraftwerke an Simulatoren, Konzepten, Qualifikation und Nutzen des KWS-Simulators. VGB Kraftwerkstechnik, 65, Heft 2, Februar 1985; 104–109.
31. Аракелян Э. К., Андрюшин А. В., Бурцев С. Ю. Использование компьютерных тренажеров для проведения модельных исследований в энергетике // Вестник МЭИ 2: 2015; 50 – 55.
32. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго России. – М.: СПО ОРЭС, 2003. – 320 с.
33. Изоморфизм. Философская энциклопедия. Т. 2. М. 1962.
34. Патент на изобретение № 2684886 от 15 апреля 2019 г. Комплексный рекурсивно-идентификационный тренажер (КРИТ-1) для подготовки эксплуатационного персонала энергообъекта. Авторы: Магид С. И., Архипова Е. Н.
35. Патент на изобретение № 2692163 от 21 июня 2019 г. Комплексный рекурсивно-идентификационный тренажер (КРИТ-2) с автоматизированной настройкой системы управления для подготовки эксплуатационного персонала энергообъекта. Авторы: Магид С. И., Архипова Е. Н.

References

1. RD 34.12.302 (SO 153-34.12.302). Instructions for Building a Complex of Teaching and Simulation Systems for the Training of Power Generating Units Operating Personnel of Thermal Power Plants,

Nuclear Power Plants, Power Grid Enterprises, Power Systems and Unions, 1986.

2. RD 34.12.303. Primary Technical Requirements to Complex Simulators for Training of the Operational Personnel of Power Generating Units of Thermal Power Plants, 1988.

3. Theory and Technology of Control Systems. Multifunctional PCSs of Thermal Power Plants. In 3 volumes. / Under the general editorship of Dr. Tverskiy, Prof. Dr.-Eng. Yu. S. Tverskiy; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin" – Ivanovo, 2013.

4. Grabchak Ye. P. The Issues of Technical Regulation in Power Engineering // *Nadezhnost Bezop. Energ.*, No. 4 (31), pp. 7 – 13, 2015.

5. Magid S. I., Arkhipova E. N., Kulichikhin V. V. Topical Issues of Simulator Development in Modern Power Engineering // *Nadezhnost Bezop. Energ.*, No. 4 (31), pp. 20 – 34 (2015).

6. Rotach, V. Ya. Elaborating main provisions of the theory of automated control with nondeterministic objects. // *Theory and Practice of Building and Operation of Automated Control Systems.* // Collection of Scientific Papers, Moscow: MPEI, 1998.

7. Popyrin L. S. Mathematical Modeling and Optimization of Thermal Power Units. Moscow: Energiya, 1978; 416 pp.

8. Magid S. I., Arkhipova E. N., Muzyka L. P. Reliability of personnel is one of the major safeguards (in Russian) // *Nadezhnost Bezop. Energ.*, No. 1, pp. 22 – 33 (2008).

9. Magid S. I.; Arkhipova E. N. Anthropogenic and technogenic factors of operational risk at hazardous industrial objects of fuel-power complex. // International Conference "The 9th University Seminar on Thermophysics and Power Engineering": a collection of reports / In 4 volumes. Volume 1. – Kazan: Kazan State Power Engineering University. 2015.

10. Hall W. Environmental Impact of Control, International Federation of Automatic Control, 6th Triennial World Congress, Boston, Cambridge, Massachusetts, USA, Plenary papers IFAC, USA 2005.

11. Dozortsev V. M., Agafonov D. V. New approach to attainment of model's adequacy in industrial process simulators. // *Proc. 4th All-Russ. Sci.-Pract. Conf. "Simulation Modeling: Theory and Practice" (IMMOD-2009).* Saint-Petersburg.

12. STU. 115.015-2003. Applied Software for Simulators of Thermal Power Plants and Networks. – Moscow: Russian Ministry of Communications and Information Technology. 2003.

13. Suitability Standards for Software Tools for Training Power Engineering Personnel RD 153-34.0-12.305-99 – Moscow, RAO "Unified Power System of Russia". 1999.

14. STO 1.1.1.01.004.0680-2006 "Technical Training Aids". Rosenergoatom.

15. American National Standard Nuclear Power Plant Simulators for Use in Operator Training, ANSI/ANS-3.5-1985.

16. American National Standard Fossil Power Plant Simulators. Functional Requirements (Draft). ISA SP77/20, 1993.

17. Ochkov V. F. et al. Simulator for Training Heat Network

Personnel. / Moscow: Energy Saving and Water Treatment, No. 1, 2007.

18. Magid S. I., Zagretdinov, I. Sh.; Muzyka L. P., Arkhipova E. N. Human Potential and the Concept of Reliability in Power Engineering. / Moscow: Energy Saving and Water Treatment, No. 3, 2005.

19. <https://www.testenergo.ru/files/mpei2nvgres.pdf>

20. Friedman A. A. The world as space and time. Moscow: Nauka, 1965.

21. Frog B. N., Pervov A. G. Water Treatment. Textbook for Higher Education Institutions: – Moscow: Publishing House ASV, 2015.

22. The Human Factor. Edited by G. Salvendi. In 6 volumes. Volume 3. Modeling of Activity, Professional Training and Selection of Operators: Translation from English / Holding D., Goldstein I., Eberts R., et al. – (Part II. Professional Training and Selection of Operators). – Moscow: Mir, 1991. – 302 pp., illustrated.

23. Magid S. I., Zagretdinov I. S., Lvov M. Y., Mishcheriakov S. V., Sysoeva L. V., Muzyka L. P., Kropachev S. A., Arkhipova E. N. Human Potential and Reliability in Power Engineering. Omsk-Moscow. TEST Publishing House, 2005.

24. Wiener N. Cybernetics. Nauka, 1983.

25. Bagrova N. D. Time Factor in the Human Perception. Leningrad: Nauka, 1980.

26. Bichaev B. P. Method for the allowable error determination in the modeling of parameters used for simulator trainees' evaluation // *Upr. Sist. Mash.*, No. 3, 1980.

27. Plyutinskii V. I., Okhotin V. V. Method for accuracy assessment for dynamic models of power generating units simulators // *Teploenergetika*, No. 10, 1985.

28. Magid S. I.; Ibragimov I. M. Power System Modeling. Moscow: "Apar", 2002.

29. Arthorn C. H. Nuclear power plant training simulator // "ASEA-Journal". 1973 Vol. 46; 3: 73.

30. Schwarz O., Schlegel G. Ausbildung von Kraftwerks personal fur fossilbefeuerte Kraftwerke an Simulatoren, Konzepten, Qualifikation und Nutzen des KWS-Simulators. VGB Kraftwerkstechnik, 65, Heft 2, Februar 1985; 104 – 109.

31. Arakelyan E. K.; Andryushin A. V., Burtsev S. Yu. Use of Computer Simulators for Model Research in Power Engineering // *MPEI Journal*, No. 2, 2015; pp. 50 – 55.

32. Rules for Technical Operation of Power Stations and Networks in the Russian Federation // Ministry of Energy of the Russian Federation. – Moscow: SPO ORGRES, 2003. – 320 pp.

33. Isomorphism. Philosophical Encyclopedia. Volume 2. Moscow, 1962.

34. Patent No. 2684886 of April 15, 2019. Complex Recursive Identification Simulator (CRIT-1) for Training Power Facility Operators. Authors: Magid, S. I. Arkhipova E. N.

35. Patent No. 2692163 of June 21, 2019. Complex Recursive Identification Simulator (CRIT-2) with Automated Control System Setup for Training Power Facility Operators. Authors: Magid S. I.; Arkhipova E. N.



<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-188-196>

УДК 004.942

Моделирование сжигания топлива в котлоагрегатах большой и малой производительности для понижения токсичности продуктов горения

Желтухина Е. С.^{1*}, Павлова М. В.², Зиганшин М. Г.³

¹ АО "Казэнерго"

ул. Габдуллы Тукая, д.162, 420021, г. Казань, Россия

² ООО "Параллак"

ул. Адоратского, д. 29В, 420132, г. Казань, Россия

³ Казанский государственный энергетический университет

ул. Красносельская, д.51, 420066, г. Казань, Россия

Поступила / Received 10.08.2020

Принята к печати / Accepted for publication 15.09.2020

Рассматриваются вопросы, связанные с выбросом атмосферных загрязнителей при оказании услуг энерго-снабжения и обращения бытового мусора в поселениях. Анализируются пути загрязнения воздуха селитебной зоны токсичными соединениями, которые образуются при существующих методах термообработки мусора, а также при эксплуатации индивидуальных источников теплоснабжения жилых объектов. Вопросы снижения содержания токсичных выбросов в продуктах горения изучаются на основе численного эксперимента средствами вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD). Рассмотрены топочные процессы в энергетическом котле ТП-14А (Е 220/100) и индивидуальном водогрейном котле Vitocrossal 200 VIESSMANN. Определены адекватные граничные условия процессов аэродинамики, теплообмена и сжигания газового топлива. Численные исследования проведены на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS), с замыканием уравнений при помощи двухпараметрической k-ε модели. Процесс горения моделировался как перенос реагирующих веществ Species Transport. Расчеты горения выполнялись по модели рассеивания вихрей Eddy-dissipation. Использовалась схема одноступенчатой реакции окисления до конечных продуктов CO₂ и H₂O, исходного газообразного топлива — метана для котла VIESSMANN Vitocrossal 200, и продуктов газификации угольной пыли для котла ТП-14А. Определены температурные, скоростные и концентрационные поля в топках исследованных котлов. По результатам выполненных расчетов прогнозируется образование химического недожога и оксидов азота. Показаны возможности численного моделирования таких процессов на основе новых направлений в технологии моделирования Chemkin и применении алгоритма ISAT. Отмечено, что они перспективны и для моделирования кинетики процессов горения при использовании в качестве топлива бытового мусора, однако в этой области исследований их применение пока сильно ограничено вычислительной мощностью доступных процессоров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: выбросы, загрязнители, твердые бытовые отходы, термообработка, вычислительная гидродинамика, котел, аэродинамика, окисление, угольная пыль, газ, метан

Адрес для переписки:

Желтухина Е. С.

АО "Казэнерго"

ул. Габдуллы Тукая, д.162, 420021, г. Казань, Россия

e-mail: elizavetazheltukhina@ya.ru

Address for correspondence:

Zheltukhina E. S.

JSC "Kazenergo"

Gabdulla Tukay str., 162, 420021, Kazan, Russia

e-mail: elizavetazheltukhina@ya.ru

Для цитирования:

Желтухина Е. С., Павлова М. В., Зиганшин М. Г. Моделирование сжигания топлива в котлоагрегатах большой и малой производительности для понижения токсичности продуктов горения. Надежность и безопасность энергетики. 2020. – Т. 13, №3. – С. 188 – 196.

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-188-196>

For citation:

Zheltukhina E. S., Pavlova M. V., Ziganshin M. G. Modeling of fuel combustion in boilers of large and small capacity to reduce the toxicity of combustion products. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of power Industry. 2020, vol. 13, no. 3, pp. 188 – 196. (in Russian)

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-188-196>

Modeling of fuel combustion in boilers of large and small capacity to reduce the toxicity of combustion products

Zheltukhina E. S.^{1*}, Pavlova M. V.², Ziganshin M. G.³

¹ JSC "Kazenergo"

Gabdulla Tukay str., 162, 420021, Kazan, Russia

² LLC "Parallax"

Adoratsky str., 29B, 420132, Kazan, Russia

³ Kazan State Power University

Krasnosel'skaya str., 51, 420066, Kazan, Russia

The issues related to the emission of atmospheric pollutants during the provision of energy supply services and the circulation of household waste in settlements are considered. The ways of air pollution of the residential area with toxic compounds, which are formed by the existing methods of heat treatment of waste and during the operation of individual sources of heat supply for residential buildings, are analyzed. The issues of reducing the content of toxic emissions in combustion products are studied based on a numerical experiment using Computational Fluid Dynamics (CFD). Furnace processes in the energy boiler TP-14A (E 220/100) and the individual hot water boiler Vitocrossal 200 VISSMANN are considered. The appropriate boundary conditions for the processes of aerodynamics, heat exchange and combustion of gas fuel have been defined. Numerical researches were carried out based on the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations (RANS), with the closure of the equations using the two-parameter k-ε model. The combustion process was modeled as the transport of reactants Species Transport. The combustion calculations were performed using the Eddy-dissipation model. The scheme of a one-stage oxidation reaction to the final products of CO₂ and H₂O, the initial gaseous fuel — methane for the VISSMANN Vitocrossal 200 boiler, and the products of coal dust gasification for the TP-14A boiler was used. The temperature, velocity and concentration fields in the boiler fireboxes have been determined. Based on the results of the calculations performed, the formation of chemical underburning and nitrogen oxides is predicted. The possibilities of numerical modeling of such processes are shown based on new directions in Chemkin modeling technology and the application of the ISAT algorithm. It is noted that they are also promising for modeling the kinetics of combustion processes using household waste as a fuel, but in this area of research, their application is still strongly limited by the computing power of available processors.

KEYWORDS: emissions, pollutants, municipal solid waste, heat treatment, computational fluid dynamics, boiler, aerodynamics, oxidation, coal dust, gas, methane

Известно, что городская воздушная среда заметно отличается от атмосферного воздуха на удалении от селитебной зоны, а в потерю ее качества вносит свою лепту множество источников — транспорт, энергетика, промышленность и весь комплекс объектов ЖКХ, включая кварталы жилой застройки с объектами бытового обслуживания населения. Из последних при этом до пандемии не являлись исключением производственные выбросы даже мини-предприятий с видами экономической деятельности по коду¹ 96.02 ОКПД 2 [1]. Считается, что из стационарных источников наибольший вклад в загрязнение воздуха населенных пунктов вносят объекты большой энергетики и инфраструктуры коммунального хозяйства (его очистные сооружения и полигоны ТБО). По массовому выбросу основными среди загрязнителей (до 80% без учета парниковых газов) являются сернистый ангидрид SO₂, оксиды азота NO_x и оксид углерода CO. Подходя к проблеме национального здоровья с учетом токсического

воздействия загрязнителей различных источников и определяя в соответствии с этим их числовые рейтинговые оценки, например, по методике [2], можно обнаружить, что влияние большой энергетики на городской воздух преувеличено. Замена крупных источников выбросов множеством мелких рассредоточенных вплоть до индивидуальных теплогенераторов в многоквартирных домах, привела к снижению роли централизованной генерации в загрязнении воздушной среды. Сейчас в России соотношение централизованного и децентрализованного теплоснабжения в целом может быть оценено как 2:1, а касательно теплоснабжения населения приближается к паритету. Отметим, что токсичные соединения выбросов газовой энергогенерации представлены NO_x и CO, относящихся к классу умеренно опасных веществ. При этом высотные трубы большой энергетики рассчитаны на разбавление и удаление загрязнителей от населенного пункта, а выбросы мелких теплоисточников остаются по соседству с генерирующим устройством.

Подсчет числовых рейтингов источников выбросов с учетом токсичности загрязнителей [2] позволяет еще обнаружить, что централизованные и децентрализованные генерирующие объекты, даже взятые в совокупности, по загрязнению воздушной среды не находятся

¹ Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2014 - ОКПД 2. Код 96.02. Услуги парикмахерских и услуги салонов красоты прочие. Принят и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 31.01.2014 N 14-ст.

впереди предприятий ЖКХ, занимающихся оборотом твердых и жидких бытовых отходов. Так, например, на полигонах ТБО анаэробно образуется так называемый «свалочный» газ с выходом до 2–5 тыс. м³/ч, что на 3 порядка ниже выброса дымовых газов ТЭЦ. В зависимости от срока хранения ТБО «свалочный» газ на 90% и более будет состоять из NH₃, CH₄, CO₂. Все это характеризовало бы его как несущественный источник атмосферного выброса, но оставшаяся часть загрязнителей представлена высокотоксичными веществами, в том числе фуранами и диоксинами. Так, например, в составе свалочного газа на полигоне «Кучино» (Московская обл.)² идентифицировано 157 наименований веществ. Среди них углеводородов 74 (суммарная концентрация $c_{\Sigma} = 61 - 80$ мг/м³), кислородсодержащих 53 ($c_{\Sigma} = 24 - 44$ мг/м³), серосодержащих 22 ($c_{\Sigma} = 6 - 11$ мг/м³), азотсодержащих 2 ($c_{\Sigma} = 0 - 0,6$ мг/м³), хлорсодержащих 3 ($c_{\Sigma} = 0,18 - 2,1$ мг/м³), фуранов и пиранов 2 наименования ($c_{\Sigma} = 0,17 - 1,2$ мг/м³). Последние служат индикаторами наличия полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов (ПХДД/Ф) — химически стойких загрязнителей, способных накапливаться [3] и вызывать гормональные нарушения иммунной системы, что особенно опасно в условиях коронавирусной пандемии. Поэтому ПДК ПХДД/Ф на порядок ниже, чем ПДК боевых отравляющих веществ, и на 7–8 порядков ниже, чем ПДК NO_x и CO, то есть выброс 1 мг диоксина соразмерен с выбросом 10–100 кг NO_x.

Достаточно распространено непосредственное сжигание бытового мусора в качестве твердого топлива в топках парогенераторов «мусорных» ТЭС (МТЭС). Вместе с тем это основные поставщики ПХДД/Ф в атмосферу. Для уменьшения образования токсичных соединений при сжигании как традиционного топлива, так и мусора, особенно важно определить последовательность элементарных стадий трансформации исходных компонентов в термоокислительной зоне. При горении ТБО с температурой выше 1200–1300°C происходит термодеструкция органических и хлорорганических материалов в присутствии металлов и их оксидов. Промежуточные газообразные соединения — в основном радикалы и атомы, по ходу охлаждения реагируют между собой до конечных стабильных продуктов и конденсируются. Считается, что ПХДД/Ф генерируются при остывании от 650 до 250°C, и их основная часть осаждается на взвешенной в продуктах сгорания золе [4]. Заметно влияет на увеличение выхода ПХДД/Ф наличие ароматических углеводородов, меди и других металлов [5], присутствие же в высокотемпературной зоне диоксида серы SO₂ понижает концентрации диоксинов в продуктах сгорания [6]. В отдельных случаях возможно создание условий для совместного термообезвреживания токсичных газов и металлов, например, с восстановлением соединений шестивалентного хрома до трехвалентного [7].

В целом картина формирования ПХДД/Ф при сжигании ТБО еще недостаточно ясна [8]. Рекомендации по снижению их генерации имеются только в общих чертах и сводятся к следующему: температура в зоне горения — не ниже 1200–1300°C, время пребывания в ней газообразных продуктов термодеструкции ТБО — не менее 2–4 с; в последующем обязательна «закалка» (резкое охлаждение) продуктов горения до 200°C [9]. При этом исследования по кинетике реакций на основе натурального и численного эксперимента проведены пока только для отдельных сочетаний исходных компонентов [10, 11].

1. Методы

Рассматриваются результаты численного моделирования топок парового котла Е-220/100 (ТП-14А, производитель ОАО ТКЗ «Красный котельщик») паропроизводительностью 220 т/ч и газового напольного конденсационного котла Vitocrossal 200 (производитель VIESSMANN Group) теплопроизводительностью 400 кВт. Геометрическое моделирование топки ТП-14А для исследования сгорания низкосортного топлива и мусора выполнялось с помощью программного продукта Gambit со средой эмуляции Exceed. Выбор типа парогенератора продиктован возможностью верификации результатов моделирования по данным испытаний, проведенных на аналогичном парогенераторе Кумертауской ТЭЦ³. Численное моделирование, несмотря на его очевидные преимущества, основано на значительном количестве допущений и эмпирических констант, полученных для конкретных условий, и требует сопоставления с опытными данными [12]. Построения численной модели топки ТП-14А и выбор ее настроек в программе ANSYS Fluent проведены с учетом следующих положений.

Топочная камера имеет призматическую форму с размерами $a \times b \times h = 9912 \times 7160 \times 17200$ мм. Объем топочной камеры котла ТП-14А 1220 м³. Имеются четыре основные фронтальные пылеугольные щелевые горелки производительностью 18 т/ч по бурому углю, установленные горизонтально, и две газомазутные горелки на боковых стенах. Над фронтальными горелками располагаются четыре наклонные сбросные горелки. Пространственная дискретизация расчетной зоны выполняется по методу конечных объемов (control-volume-based finite volume method CV-FVM). Грани рассчитываемого трехмерного элемента совпадают с гранями ячейки исходной сетки, а расчетным узлом служит центр геометрической ячейки. Сначала в программе Gambit была выполнена геометрически точная модель топки с холодной воронкой и всеми горелками — (рисунок 1 а). Однако неструктурированная гексаэдральная сетка в ней средствами Gambit не сгенерировалась, по-видимому, из-за сложности связывания фронтальных горизонтальных и наклон-

² Проект рекультивации полигона ТБО «Кучино» на территории городского округа Балашиха Московской области. Проектная документация. Подраздел 6. Система газоснабжения. Книга 1. Система дегазации полигона (сбор и отведение биогаза). ЗАО Спецгеоэкология 2017:281.

³ Каверин А. А. Исследование факельного сжигания низкосортного твердого топлива угрубленного помола в системе прямоточных турбулентных струй // М.: ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» 2017:212.

ных горелок прямоугольной формы и боковых круглых горелок. Поэтому было решено оставить только основные фронтальные горелки; при этом отказались также и от воронки как создающей заметное усложнение модели при несущественном влиянии на кинетику топочных процессов — (рисунок 1 б). На рисунке 1 в представлена упрощенная 3D модель топочной камеры котла со сгенерированной неструктурированной гексаэдральной сеткой.

Далее полученная модель переносится в процессор Ansys Fluent, проверяется импортированная геометрия и сетка, которая играет важную роль в минимизации возможных ошибок расчета. Движение потоков в топке рассчитывается на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS, Reynolds-averaged Navier-Stokes). Для замыкания уравнений Навье-Стокса используется двухпараметрическая $k-\varepsilon$ модель, добавляющая уравнения генерации кинетической энергии турбулентности и ее диссипации. Ввиду неизоотермичности задачи в панели Energy (энергия) включается уравнение энергии («EnergyEquation»). При решении задачи используется модель излучения P1. Поскольку в топке предусматривается горение как газовой, так и твердой диспергированной среды (угольная пыль, частицы органики бытовых отходов, зола), принята Composition PDF Transport — композиционная транспортная модель на основе функции плотности вероятностей, Probability density function (PDF). Ее удобно использовать для моделирования кинетики химических реакций с конечной скоростью в турбулентных пламенах, хотя она и требует повышенных вычислительных затрат. Средняя скорость реакции моделируется с помощью модели вихревой диссипации («Eddy-Dissipation»). После определения моделей заданы следующие исходные условия процесса в топке: давление атмосферное 101325 Па, температура отсчета приращения температуры для расчета плотности газового потока по модели Буссинеска, 288 К. В задачу загружен

материал реакций — «уголь – летучие горючие – воздух» (coal – mv – volatiles – air)

При установке граничных условий для стенок котла ставится условие Wall (стенка) и во вкладке Thermal задается температура поверхности стенок котла, равная 473 К, соответствующая температуре поверхности экранов. В качестве граничных условий для потока на входе пылеугольных горелок задается условие Velocity Inlet (равномерная скорость на входе). Во вкладке Momentum (импульс) задается значение скорости потока, 0,00042 м/с, подсчитанное по производительности котла. Во вкладке Thermal задается температура пылевоздушного потока во входном сечении пылеугольных горелок 430 К. Во вкладке Species (реагенты) задаются массовые доли угольной пыли (35,3%) и кислорода (14,88%) на входе в пылеугольные горелки. В качестве граничных условий для дымовых газов в выходном сечении топки задано условие Pressure Outlet (давление на выходе) со значением Gauge Pressure (избыточное давление) 0 Па, т.е. без учета разрежения. Это необходимо для устранения фиктивного возвратного потока (Backflow), который возник бы при разрежении. Во вкладке Thermal задана температура в выходном сечении, равная 1173 К. Во вкладке Species задаются массовые доли углекислого газа (25%) и паров воды (15%) на выходе из верхней части котла.

Далее рассматривается построение численной модели топки бытового котла Vitocrossal 200. Геометрия топки была создана в упрощенном варианте средствами Gambit — Exceed и более точно при помощи программного продукта Solid Edge. Горелочное устройство Vitocrossal 200 представляет собой перфорированный цилиндр, размещенный аксиально в водоохлаждаемой цилиндрической топке из нержавеющей стали. Дымовые газы выходят из топки через 18 вертикальных щелевых проходов в торце, противоположном торцу с горелкой, и попадают в специальную камеру с теплообменными поверхностями, после которой направляются в дымоход. Со-

ответствующая модель топки была создана в Solid Edge, однако сгенерировать в ней сетку не удалось, так как оказалось затруднительным связать круглые газовыпускные отверстия, располагающиеся на поверхности горизонтального цилиндра, со щелевыми проходами на плоской вертикальной стенке. Поэтому была создана модель с упрощенной геометрией (рисунок 2), для которой оказалась возможной генерация сетки после ее переноса в Gambit (рисунок 3). Она представляет собой два коаксиальных цилиндра с кольцевыми щелевыми проходами. Площади проходов на горелке и топочной камере выполнены согласно расходу топлива, обеспечивающему заданную мощность котла. Данная

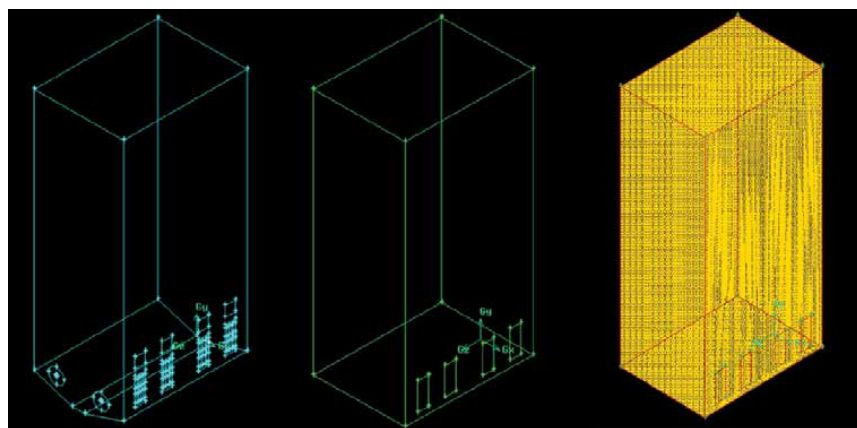


Рисунок 1. 3D-модели топочной камеры котла ТП-14А в программе Gambit: а — геометрически точная модель, б — геометрия упрощенной модели, в — упрощенная модель топочной камеры парового котла ТП-14А со сгенерированной расчетной сеткой

Figure 1. 3D-models of the TP-14A boiler combustion chamber in the Gambit program: а — geometrically accurate model, б — geometry of the simplified model, в — simplified model of the TP-14A steam boiler combustion chamber with a generated computational grid

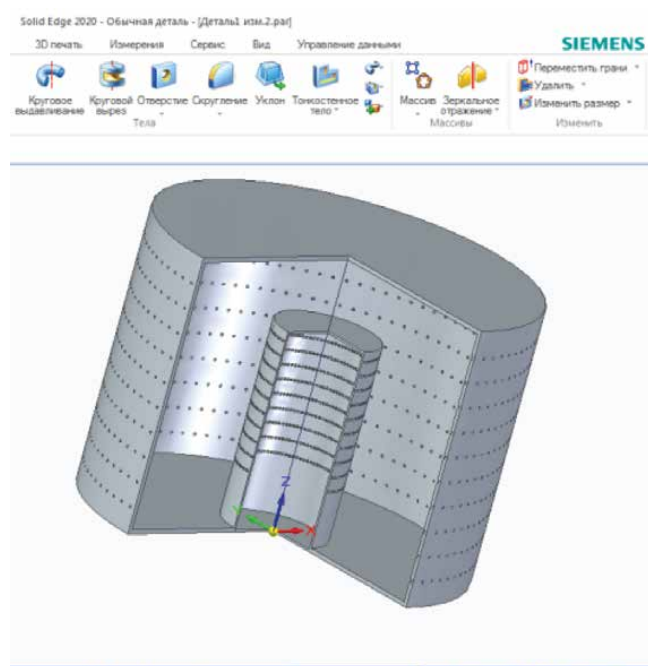


Рисунок 2. Геометрическая модель топки котла Vitocrossal 200, построенная в системе Solid Edge
Figure 2. Geometric model of the Vitocrossal 200 boiler furnace built in Solid Edge

постановка геометрии позволила в дальнейшем облегчить и постановку граничных условий по теплоотдаче, сосредоточив ее только на боковой поверхности внешнего цилиндра, с заданием на торце постоянной температуры, что приблизительно соответствует реальным условиям в топке.

Созданная модель со сгенерированной сеткой (рисунок 2) экспортировалась в процессор AnsysFluent. Далее производилось решение задачи объемной модели 3ddp с двойным уточнением решений. При задании начальных и граничных условий для расчета процесса горения принята метановоздушная смесь (тип материала «MaterialType» — воздух + метан). Модель горения принята как перенос горючих реагентов «Species Transport», модель смешения компонентов реакции — как вихревая диссипация «Eddy-Dissipation». Движение смеси турбулентное, модель турбулентности включает дополнительно к дифференциальным уравнениям движения и сплошности уравнения генерации k и диссипации ϵ турбулентных вихрей. Для учета лучисто-конвективного теплообмена включены уравнение энергии «EnergyEquation» и модель излучения P1. При задании граничных условий для боковых и торцевой тепловоспринимающих стенках топки принят одинаковый тип зоны «Wall», в тепловых граничных условиях Thermal ставится условие по температуре «Temperature»: для стенок с правой стороны (на входе газа) $T=300$ K, для левого торца $T=353$ K. При установке граничных условий в зоне выхода дымовых газов (у боковой стенки внешнего цилиндра) установлено условие по давлению Pressure outlet — атмосферное давление на выходе, по температуре «Temperature» $T=353$ K.

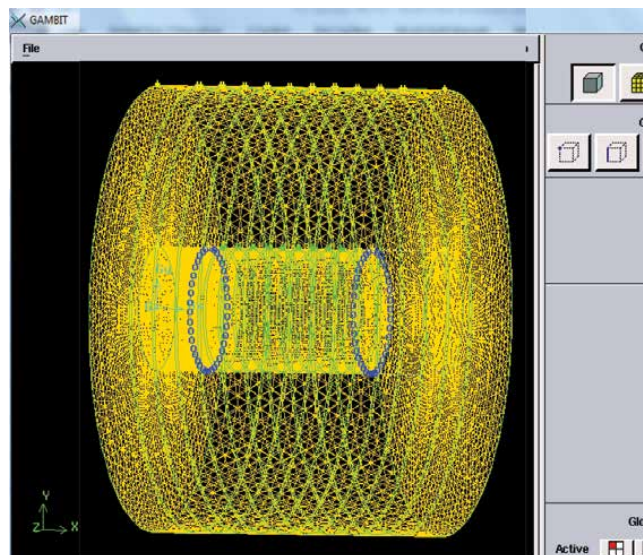


Рисунок 3. Расчетная сетка на поверхности и в объеме геометрической модели топки котла Vitocrossal 200, сгенерированная средствами Gambit
Figure 3. Computational grid on the surface and in the volume of the geometric model of the furnace of the Vitocrossal 200 boiler, generated by Gambit

2. Результаты и обсуждение

За эталонные опытные данные по топочным процессам в энергетических котлах приняты результаты отмеченного ранее исследования парогенератора Кумертауской ТЭЦ [4]. Верификация и валидация по полученным в нем данным показали физическую адекватность модели, созданной в нашей работе. В качестве примера на рисунке 4 представлены данные о распределении статического давления в топке котла ТП-14А при установленных в качестве исходных параметров атмосферного давления в топке и условия отсутствия избыточного давления на выходе из нее (Pressure Outlet со значением Gauge Pressure = 0 Па). Можно видеть, что в результате расчетов числовые значения давления в топке близки к атмосферному, и обратных токов не наблюдается. Также на рисунках 5 а, б представлены результаты численных расчетов по выходу летучих горючих и догоранию их до CO_2 в различных зонах топки котла при подаче пылеугольного потока в 4 основные горелки и газификации угольной пыли. Приведенные данные показывают, что максимальный выход летучих и их наиболее полное догорание до CO_2 происходят над уровнем расположения горелок, что можно считать физически адекватным.

Вместе с тем для корректного моделирования задач обработки нетрадиционного топлива, в том числе бытового мусора с содержанием соединений хлора, фосфора, серы, недостаточно добиться только физической адекватности численной модели. Она должна давать адекватные решения и по последовательности прохождения элементарных стадий радикально-цеп-

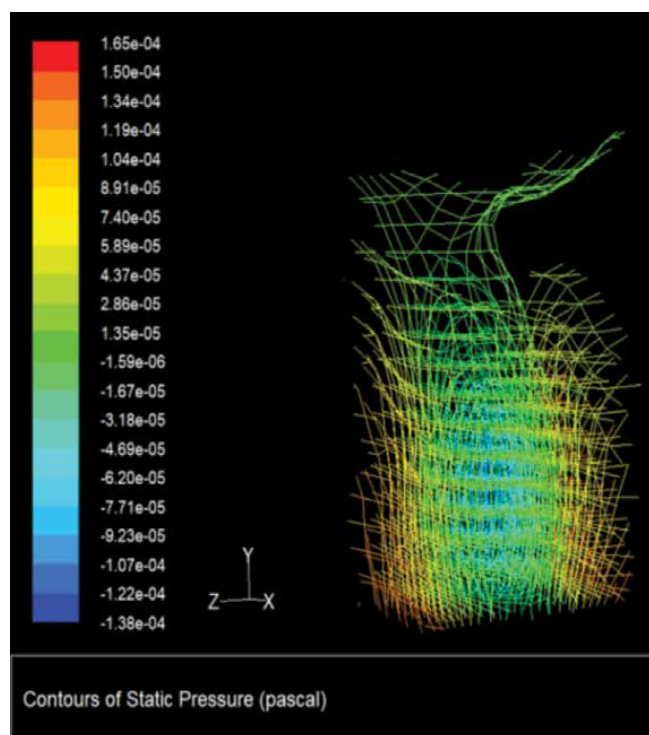


Рисунок 4. Расчетные данные по распределению статического давления в топке котла ТП 14А

Figure 4. Calculated data on the distribution of static pressure in the boiler furnace TP 14A

ного механизма химических реакций между активными центрами — продуктами трансформации исходных материалов (например, ПВХ-пластмасс) и традиционного топлива в высокотемпературной зоне до конечных продуктов (например, до HCl , HClO_x). Решения подобной задачи на сегодня нет, тогда как программа развития МТЭС уже реализуется, а в соответствии с последними директивными документами⁴ технологические показатели наилучших доступных технологий термообезвреживания отходов по выбросам диоксинов в атмосферный воздух не должны превышать $10-7 \text{ мг/м}^3$. При этом конкуренция окислительных реакций с кислородом и хлором и наложение на нее ингибирующих эффектов от фосфорорганических соединений приводит к непредсказуемым результатам не только по химическим, но и по физическим характеристикам процесса даже при сжигании чисто органической биомассы. Конкурентный механизм пиролиза различных компонентов биомассы приводит к значительному изменению кинетических параметров пиролиза, и, соответственно, состава выделяемых летучих продуктов, что существенно влияет на температуру и распределение реагентов в реакторе. Такие отклонения могут моделироваться только на специальных ко-

⁴ Приказ Минприроды России от 24.04.2019 N 270 "Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды "Технологические показатели наилучших доступных технологий обезвреживания отходов термическим способом (сжигание отходов)" (Зарегистрировано в Минюсте России 27.05.2019 N 54738).

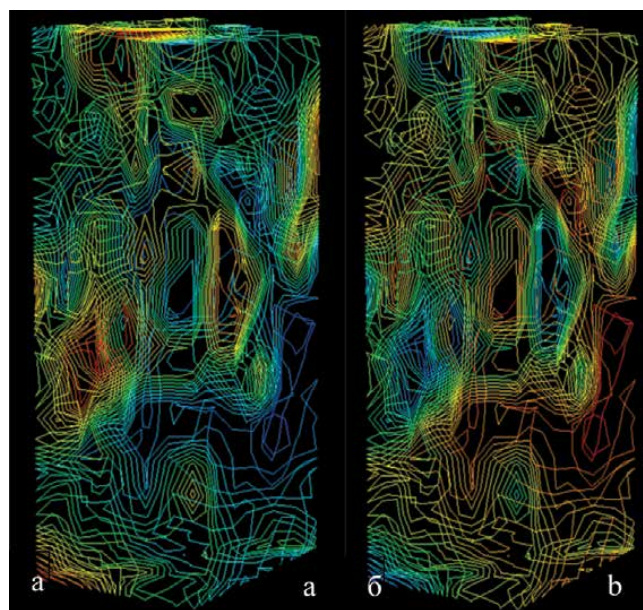


Рисунок 5. Результаты расчетов по выходу летучих горючих (а) и по их догоранию (б) до CO_2

Figure 5. Calculation results for the release of volatile fuels (a) and afterburning (b) to CO_2

дах CFD, разработанных под каждый случай, или на существующих кодах CFD для моделирования сжигания угля, адаптированных с учетом отличий его состава и параметров процесса догорания до CO_2 и H_2O от характеристик компонентов мусорного топлива.

Последние версии ANSYS включают модернизированный код кинетики процессов горения Chemkin в виде программного пакета ANSYS Chemkin-Pro для газофазных и поверхностных химических процессов. Он содержит ряд кинетических моделей, позволяющих моделировать выбросы загрязняющих веществ с подробным и точным составлением модели топлива. Для стандартного топлива существуют тщательно верифицированные и валидированные модели, дающие близкие к реальным результаты. Исследования с использованием Chemkin-Pro по образованию диоксинов связаны с рассмотрением процессов термообработки только отдельных ингредиентов, например, формирования двух видов конечных диоксинов — 1,3,6,8- и 1,3,7,9-тетрахлордибензо-пара-диоксинов, ТХДД (1,3,6,8- & 1,3,7,9-tetrachlorodibenzo-p-dioxins, TCDDs) из одного вида исходного хлорорганического соединения — 2,4,6-трихлорфенола с использованием моделей, содержащих порядка 70 элементарных стадий. Очевидно, что охват широкого круга исходных соединений, которые могут возникать при термообработке бытового мусора, требует слишком большой вычислительной мощности. Поэтому пока реальным путем исследования кинетики процессов при мусоросжигании представляется жесткое ограничение в модели числа исходных соединений с рассмотрением формирования одного из наиболее токсичных продуктов, и с последующей адаптацией к данной кинетике всех топочных процессов, адекватность которых должна

быть проверена на стандартном топливе, например, на пылеугольном.

Исследования моделей топочного процесса бытовых котлов, работающих на стандартном газовом топливе, в отношении вычислительной мощности несколько более доступны, прежде всего благодаря тому, что исходный многокомпонентный природный газ без заметного ущерба для течения процессов гидродинамики и теплообмена может быть представлен одним компонентом — метаном CH_4 . Однако в любом случае необходимо учитывать, что элементарные стадии химических реакций между активными центрами развиваются по радикально-цепному механизму. Это требует рассмотрения сотен вариантов реакций, незначительно различающихся между собой по кинетическим и термодинамическим параметрам, и подбора из них непротиворечивой последовательности, соответствующей температурным, аэродинамическим и геометрическим характеристикам топки. В последние десятилетия для этих целей практиковался алгоритм адаптивного табулирования реакций «ин ситу» (в понимании «по их моменту появления и локации в пламенной зоне») ISAT (in situ Adaptive Tabulation), в который сейчас внесен ряд усовершенствований, позволяющих повысить его устойчивость и скорость без снижения уровня точности [13, 14, 15]. Однако они адаптированы к двигателям внутреннего сгорания и при переходе к котлам нуждаются в валидации.

При исследовании расчетной модели бытового котла Vitocrossal 200 первоочередной задачей было обеспечение физически адекватных характеристик топочных процессов. На рисунках 6 а, б представлены расчетные данные по температуре в топке котла Vitocrossal 200, показывающие адекватное распределение температуры как по объему, так и в поперечном сечении топки. Температурному распределению также адекватно распределение концентраций CO_2 : максимуму температуры по центру сечения топки (рисунок 6 б) соответствует

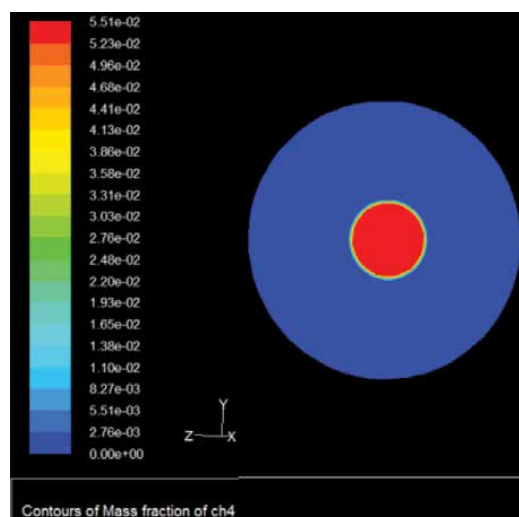


Рисунок 7. Распределение концентрации метана в поперечном сечении топки котла Vitocrossal 200

Figure 7. Distribution of methane concentration in the cross-section of the Vitocrossal 200 boiler furnace

наиболее интенсивная реакционная зона (рисунок 6 в) с минимумом содержания CO_2 как конечного продукта реакции.

На рисунке 7 приведено распределение массовой концентрации CH_4 . Можно видеть, что в горелке находится чистый газ с концентрацией 5,51% мас., что соответствует его исходному составу в газозооной смеси с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,05$.

Газ загорается на выходе из горелки, и CH_4 сразу конвертируется в тонком слое вокруг нее. Далее в объеме топки концентрация метана равна 0. Однако по одноступенчатой модели окисления невозможно предсказать, насколько конверсия CH_4 доходит до конечного продукта. Ранее в работе [16] нами было показано, что конверсию метана в стесненных условиях сжигания газа, к которым могут быть отнесены и условия в топке

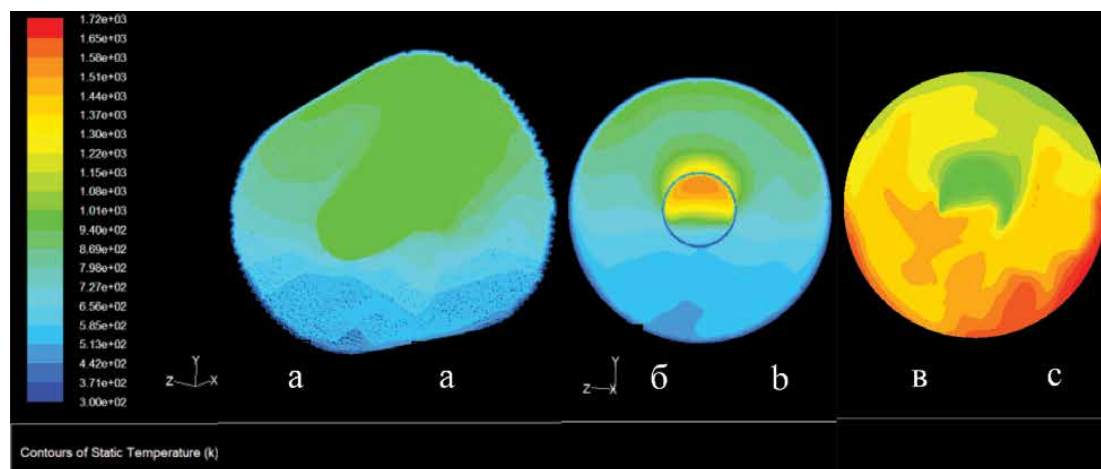


Рисунок 6. Распределение температуры и содержания в топке котла Vitocrossal 200: а, б — распределение температуры в объеме и поперечном сечении, в — распределение CO_2

Figure 6. Distribution of temperature and content in the furnace of the Vitocrossal 200 boiler: а, б — temperature distribution in the volume and cross-section, в — CO_2 distribution

котла Vitocrossal 200, можно устанавливать оценочно по величине градиента ∇_{VR} , характеризующего убывание скорости продуктов сгорания в пламенной зоне топочного пространства. Для данного устройства он составляет около 30 с^{-1} , что может говорить о достаточно высокой конверсии метана (что косвенно подтверждается и результатами расчетов на рисунке 7) и очень низком химическом недожоге. В то же время это служит и показателем повышенной генерации оксидов азота в пламенной зоне при горении топлива.

3. Выводы

Анализ путей загрязнения воздуха селитебной зоны показывает, что негативная роль большой энергетики в этом вопросе преувеличивается. В связи с продолжающейся децентрализацией теплоснабжения жилого фонда вклады большой энергетики и децентрализованных источников в ухудшение состояния атмосферы сближаются, а в совокупности они не превосходят воздействия на городскую воздушную среду выбросов, образующихся при обращении бытового мусора, в связи с чрезвычайной токсичностью последних. Представленные способы моделирования обеспечивают физическую адекватность численных моделей топочных устройств и могут быть использованы для исследований топок современных бытовых теплоисточников с конструктивными особенностями, а также процессов термообработки нестандартных видов топлива и бытового мусора. Так как общих способов, дающих адекватные решения по кинетике реакций в процессах термообработки отходов и сжигания топлива на сегодня нет, то практически применимым подходом к исследованиям по снижению вредных выбросов является ограничение моделей исходных соединений и конечных продуктов по числу компонентов. В статье также показана адекватность предложенного ранее параметра ∇_{VR} для оценки совершенства топочного процесса по полноте сжигания стандартного топлива.

Список использованных источников

1. Logachev K. et al. Improving dust capture efficiency with local exhaust hoods in manicure shops. *Build. Environ* 2020; (181): 107124. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107124>
2. Зиганшин М. Г. Методика оценки эффективности генерации на тепловых электрических станциях с учетом выброса загрязнителей. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики* 2019; 21(6): 29–38. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-6-29-38>
3. Feng Z., Xiaofei L., Jia-Wei L., Jing H., Jieru Z., Bing X., Chengyang H. Emission characteristics of PCDD/Fs in stack gas from municipal solid waste incineration plants in Northern China. *Chemosphere* 2018; (200): 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.092>
4. Тугов А. Н. Энергетическая утилизация твердых коммунальных отходов на ТЭС: монография А. Н. Тугов // М.: ОАО «ВТИ» 2017; 178.
5. Xiaoqing L., Yunfeng M., Zhiliang C., Xiaodong L., Shengyong L., Jianhua Y. Effect of different air pollution control devices on the gas/

solid-phase distribution of PCDD/F in a full-scale municipal solid waste incinerator. *Environmental Pollution* 2020; (265): 114888. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114888>

6. Meihui R., Zhenzhong Y.L., Lin X., Qiqi L., Xuefeng Z., Ying Y., Yun F., Yuan G., Jiping C., Haijun Z. Partitioning and removal behaviors of PCDD/Fs, PCBs and PCNs in a modern municipal solid waste incineration system. *Science of The Total Environment* 2020; (735): 139134. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139134>

7. Bilalov M. I., Ziganshin M. G. Estimates of the influence of the solar irradiation spectrum energy on the intensity of heat treatment of solid waste with hexavalent chromium. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 2019; (481): 012044. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/481/1/012044>

8. Yun F., Meihui R., Haijun Z., Ningbo G., Yun L., Ning Z., Liang Z., Yuan G., Jiping C. Levels and fingerprints of chlorinated aromatic hydrocarbons in fly ashes from the typical industrial thermal processes: Implication for the co-formation mechanism. *Chemosphere* 2019; (224): 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.117>

9. Тугов А. Н., Рябов Г. А., Штерман А. В., Майданик М. Н. Опыт освоения современных котельных установок российского производства. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики* 2018; 20(7–8): 87–98. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2018-20-7-8-87-98>

10. Hongting Ma, Na Du, Xueyin Lin, Chaofan Liu, Jingyu Zhang, Zhuangzhuang Miao. Inhibition of element sulfur and calcium oxide on the formation of PCDD/Fs during co-combustion experiment of municipal solid waste. *Science of the Total Environment* 2018; (633): 1263–1271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.282>

11. Min Y., Liu C. J., Shi P. Y., Qin C. D., Feng Y. T., Liu B. C. Effects of the addition of municipal solid waste incineration fly ash on the behavior of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and furans in the iron ore sintering process. *Waste Manage* 2018; (77): 287–293. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.011>

12. Chaudhari P., Ravi B., Bagaria P., Mashuga C. Improved partial inerting MIE test method for combustible dusts and its CFD validation. *Process Safety and Environmental Protection* 2019; (122): 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.12.009>

13. Xie W., Lu Z., Ren Z., Goldin G. M. Dynamic adaptive acceleration of chemical kinetics with consistent error control. *Combustion and Flame* 2018; (197): 389–399. <https://doi.org/10.1016/J.COMBUSTFLAME.2018.08.018>

14. Xie W., Lu Z., Ren. Z. Rate-controlled constrained equilibrium for large hydrocarbon fuels with NTC. *Combustion Theory and Modelling* 2018; (23): 226–244. <https://doi.org/10.1080/13647830.2018.1513566>

15. Zhou H., Li S., Ren Z., Rowinski D. H. Investigation of mixing model performance in transported PDF calculations of turbulent lean premixed jet flames through Lagrangian statistics and sensitivity analysis. *Combustion and Flame* 2017; (181): 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2017.03.011>

16. Валеев М. Р., Дюдина А. А., Фатихов А. Р., Зиганшин М. Г. Моделирование топочных процессов в современных теплогенераторах малой и средней производительности. *Надежность и безопасность энергетики* 2019; 12(2): 126–134. <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2019-12-2-126-134>

References

1. Logachev K. et al. Improving dust capture efficiency with local exhaust hoods in manicure shops. *Build. Environ* 2020; (181):

107124. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107124> (In Eng.)

2. Ziganshin M.G. Method of assessment generation efficiency at thermal power plants taking into account emissions of pollutants. *Power engineering: research, equipment, technology* 2019; 21(6): 29–38. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-6-29-38> (In Russ.)

3. Feng Z., Xiaofei L., Jia-Wei L., Jing H., Jieru Z., Bing X., Chengyang H. Emission characteristics of PCDD/Fs in stack gas from municipal solid waste incineration plants in Northern China. *Chemosphere* 2018; (200): 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.092> (In Eng.)

4. Tugov A. N. Energy utilization of municipal solid waste at thermal power plants: monograph by A. N. Tugov // М.: JSC «VTI» 2017; 178. (In Russ.)

5. Xiaoqing L., Yunfeng M., Zhiliang C., Xiaodong L., Shengyong L., Jianhua Y. Effect of different air pollution control devices on the gas/solid-phase distribution of PCDD/F in a full-scale municipal solid waste incinerator. *Environmental Pollution* 2020; (265): 114888. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114888> (In Eng.)

6. Meihui R., Zhenzhong Y. L., Lin X., Qiqi L., Xuefeng Z., Ying Y., Yun F., Yuan G., Jiping C., Haijun Z. Partitioning and removal behaviors of PCDD/Fs, PCBs and PCNs in a modern municipal solid waste incineration system. *Science of The Total Environment* 2020; (735): 139134. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139134> (In Eng.)

7. Bilalov M. I., Ziganshin M. G. Estimates of the influence of the solar irradiation spectrum energy on the intensity of heat treatment of solid waste with hexavalent chromium. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 2019; (481): 012044. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/481/1/012044> (In Eng.)

8. Yun F., Meihui R., Haijun Z., Ningbo G., Yun L., Ning Z., Liang Z., Yuan G., Jiping C. Levels and fingerprints of chlorinated aromatic hydrocarbons in fly ashes from the typical industrial thermal processes: Implication for the co-formation mechanism. *Chemosphere* 2019; (224): 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.117> (In Eng.)

9. Tugov A. N., Ryabov G. A., Shtegman A. V., Maidanik M. N. Development experience of modern made in Russia boiler installations.

Power engineering: research, equipment, technology 2018; 20(7–8): 87–98. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2018-20-7-8-87-98> (In Russ.)

10. Hongting Ma, Na Du, Xueyin Lin, Chaofan Liu, Jingyu Zhang, Zhuangzhuang Miao. Inhibition of element sulfur and calcium oxide on the formation of PCDD/Fs during co-combustion experiment of municipal solid waste. *Science of the Total Environment* 2018; (633): 1263–1271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.282> (In Eng.)

11. Min Y., Liu C. J., Shi P. Y., Qin C. D., Feng Y. T., Liu B. C. Effects of the addition of municipal solid waste incineration fly ash on the behavior of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and furans in the iron ore sintering process. *Waste Manage* 2018; (77): 287–293. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.011> (In Eng.)

12. Chaudhari P., Ravi B., Bagaria P., Mashuga C. Improved partial inerting MIE test method for combustible dusts and its CFD validation. *Process Safety and Environmental Protection* 2019; (122): 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.12.009> (In Eng.)

13. Xie W., Lu Z., Ren Z., Goldin G.M. Dynamic adaptive acceleration of chemical kinetics with consistent error control. *Combustion and Flame* 2018; (197): 389–399. <https://doi.org/10.1016/J.COMBUSTFLAME.2018.08.018> (In Eng.)

14. Xie W., Lu Z., Ren. Z. Rate-controlled constrained equilibrium for large hydrocarbon fuels with NTC. *Combustion Theory and Modelling* 2018; (23): 226–244. <https://doi.org/10.1080/13647830.2018.1513566> (In Eng.)

15. Zhou H., Li S., Ren Z., Rowinski D. H. Investigation of mixing model performance in transported PDF calculations of turbulent lean premixed jet flames through Lagrangian statistics and sensitivity analysis. *Combustion and Flame* 2017; (181): 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2017.03.011> (In Eng.)

16. Valeev M. R., Dyudina A. A., Fatikhov A. R., Ziganshin M. G. Simulation of combustion processes in modern heat generators of low and medium productivity. *Safety and Reliability of Power Industry* 2019; 12(2): 126–134. <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2019-12-2-126-134> (In Russ.)



<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-197-206>

УДК 316.77

Коммуникационная технология управления кризисом в условиях массового нарушения электроснабжения в период «ледяных дождей»

Зизаева Р. Р., Ужанов А. Е.*

Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России
119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 76, корп.1

Поступила / Received 18.06.2020

Принята к печати / Accepted for publication 14.09.2020

Представлена технология управления кризисом, репутационными и имиджевыми последствиями для энергокомпании ОАО «Холдинг МРСК» в связи с самой распространенной и чувствительной для электроснабжения российского населения техногенной аварии в 2010–2011 гг., произошедшей под воздействием на технические системы передачи электроэнергии природного фактора в виде «ледяных дождей».

По итогам комплексного анализа PR-ситуации выявлена природа кризиса, который по своему географическому масштабу, степени массовости отключений от источников энергии потребителей и объему ремонтно-восстановительных работ был самым беспрецедентным в Российской Федерации за предшествующие 30 лет. Оценено, что восстановление работоспособности электросетевой инфраструктуры продолжалось на протяжении трех месяцев (январь – март 2011 г.) с задействованием огромного информационного и коммуникационного ресурса, мобилизацией штатного и дополнительного кадрового состава специалистов общей численностью более 3-х тысяч человек.

Методология исследования выдержана в классических границах, имеется полный набор подходов, характерных для исследования системного социального феномена, каковым является деятельность компании в сфере коммуникаций и в сопряжении с сущностными характеристиками деловой репутации. В качестве гипотезы выдвинуто убедительное и доказанное предположение о том, что массовые нарушения электроснабжения под воздействием природной стихии могут стать решающим фактором для кардинального изменения общественного мнения в пользу электросетевой компании, если в основу кризисной PR-программы будут положены креативные идеи по вовлечению в процесс ликвидации последствий аварий журналистов, экспертов, экологов, депутатов, иных стейкхолдеров и лидеров общественного мнения.

На примере анализа коммуникационной работы в условиях массового нарушения электроснабжения в зоне ответственности ОАО «Холдинг МРСК» предложена система рекомендаций в деятельности PR-службы в кризисный период.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управление кризисом, PR-деятельность

Адрес для переписки:

Ужанов А. Е.

Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, 119454, г. Москва, проспект Вернадского, 76, корп.1, кафедра «Мировой электроэнергетики»
e-mail: uzhanov@mail.ru

Address for correspondence:

Uzhanov A. E.

International Institute of energy policy and diplomacy
MGIMO MFA of Russia, 119454, Moscow, Prospekt Vernadskogo, 76, bldg. 1, World Electric Power Industry Department
e-mail: uzhanov@mail.ru

Для цитирования:

Зизаева Р. Р., Ужанов А. Е. Коммуникационная технология управления кризисом в условиях массового нарушения электроснабжения в период «ледяных дождей» // Надежность и безопасность энергетики. 2020. – Т. 13, №3. – С. 197–206.

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-197-206>

For citation:

Zizayeva R. R., Uzhanov A. Ye. [Communication technology of crisis management in conditions of mass disruption of power supply in the period of «ice rains»]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2020. vol. 13, no. 3, pp. 197–206 (in Russian).

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-197-206>

Communication technology of crisis management in conditions of mass disruption of power supply in the period of «ice rains»

Zizayeva R. R., Uzhanov A. Ye.*

*International Institute of Energy Policy and Diplomacy of MGIMO University of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, World Electric Power Industry Department
Bldg.1, 76, Prospect Vernadskogo, Moscow, Russia, 119454*

A technology is presented for crisis management and handing reputation and image consequences for the JSC IDGC Holding power company in connection with the man-caused accident of 2010–2011 (the most extended and painful for power supply of the Russian population), which occurred under the impact of a natural factor in the form of "ice rain" on power transmission engineering systems.

Based on the results of a comprehensive analysis of the PR situation, the nature of the crisis has been revealed, which, in terms of its geographical scale, the extent of mass outages of consumers from power supply sources, and the scope of repair and restoration work, was unprecedented in the Russian Federation over the previous 30 year period. It is estimated that the restoration of performance of the electricity network infrastructure took three months (January through March of 2011) and involved huge information and communication resources, mobilization of staff and additional pool of specialists with a total number of more than 3 thousand people.

The research methodology is consistent with conventional boundaries, with a full set of approaches typical of research of a systemic social phenomenon, such as the company's communication activities and in interfacing with the essential characteristics of business reputation. As a hypothesis, a convincing and proven assumption has been put forward that mass disruptions of power supply under the influence of natural elements can become a decisive factor for a fundamental shift in public opinion in favor of the power grid company, if the crisis PR program is based on creative ideas for the involvement of journalists, experts, environmentalists, deputies, other stakeholders and opinion leaders in the process of emergency response.

By way of example of analysis of communication work in conditions of mass power supply disruption in the zone of responsibility of JSC IDGC Holding, a system of recommendations is suggested for the PR service activities during the crisis period.

KEYWORDS: crisis management, PR activities

Введение

В современном информационном обществе грамотно выстроенная PR-деятельность становится всё более значимым инструментом влияния на внутрикорпоративную и внешнюю среду компании, тем более в условиях технологического кризиса. В связи с тем, что технологические сбои в работе технических систем приводят к веерным отключениям большого количества потребителей от электроснабжения, нежелательным и плохо просчитываемым последствиям в виде материально-экономического ущерба для промышленных и бытовых потребителей, но в большей степени угрозе девальвации и декапитализации подвергаются нематериальные активы, среди которых деловая репутация и имиджевая устойчивость энергокомпании.

Для преодоления репутационных последствий инцидентов природного характера (грозы, ураганы, «ледяные дожди»), вызывающих наибольшие масштабы выведения энергообъектов в ремонтно-восстановительный режим, принципиально важно владеть специальной PR-технологией «управление кризисом», а также иметь в структуре компаний подготовленных специалистов и квалифицированную нормативно-правовую базу (регламенты, стандарты, инструкции, алгоритмы действий, журналистские пулы, кризисные информационные центры, внештатные подразделения кризис-коммуникаций).

Актуальность темы

Ввиду того, что «ледяные дожди» 2010–2011 гг. стали первым опытом национальной энергетической компании, управляющей распределительным электросетевым комплексом в стране, по восстановлению нарушенного электроснабжения в результате мощного массированного воздействия «ледяных дождей», изучение организации столь масштабной, в границах минимум 25 электросетевых филиалов кризисных коммуникаций по всей Российской Федерации, носит актуальный характер как в технологическом отношении, так и исключительно с целью формирования бенчмарка преодоления последствий коммуникационных разрывов, репутационных потерь, дисквалификации имиджа ОАО «Холдинг МРСК», как надежной и безопасной системы российской электроэнергетики.

Именно грамотная организация PR-деятельности помогла повернуть ситуацию в нужное для энергокомпании с контрольным пакетом акций у Российской Федерации организационно-техническое и комментариально-политическое русло, выйти из кризисной ситуации с наименьшими репутационными потерями. GR-техники и спиндокторинг в значительной степени способствовали имиджевой реабилитации управляющей компании и тех операционных компаний, в границах которых имели место веерные отключения (в том числе ОАО «МРСК Центра», ОАО «МРСК Центра и

Приволжья», ОАО «МРСК Юга», ОАО «МРСК Северо-Запада»).

Прогнозирование и планирование антикризисного PR

Антикризисный PR имеет широкий спектр применения и действия: от финансовых проблем в области ведения бизнеса до экстремальных условий, возникающих как следствие различных стихийных действий в природе и аварийных ситуаций. Деятельность антикризисного PR основана на ряде принципов, среди которых оперативность, монополизация источника информации, опережение оппонента в интерпретировании событий, открытость и правдивость, сочувствие пострадавшей стороне, предотвращение и минимизация последствий.

Готовясь к управлению кризисом, следует ответить на несколько основных вопросов: с кем мы собираемся разговаривать, и что должно быть услышано? Этот алгоритм можно обозначить как: материалы, комментаторы, модули, коммуникации.

Кризисные ситуации часто сопровождаются появлением негативных публикаций в СМИ и различного рода инспекторскими и фискальными проверками. Один из ключевых, наиболее сложных аспектов в управлении кризисом — поддержка компании в ситуации общественной эскалации. План дезавуирования протестных действий широкой общественности, наряду со всей коммуникационной кризисной программой, разрабатывается до наступления кризиса. Кто и каким образом выскажется в пользу компании, успокоит общественное мнение, разовьет позитивные сдвиги в устранении причин аварии — это предмет особой заботы PR-специалиста, внимательно «на берегу» отрабатывающего пул спикеров и официальных комментаторов, независимых экспертов и благотворителей.

Необходимо сформировать перечень лидеров общественного мнения, обеспечить их лояльность компании, своевременное выведение комментариев и оценочных суждений в публичный контекст. Речь идет также о представителях депутатской общественности, профильных аналитиках и чиновниках из Минэнерго, Ростехнадзора и других, вовлеченных в кризис государственных структур и ведомств. Кроме того, в связи с социальным характером отключений потребуются доверительные контакты с руководителями местных администраций, обществ защиты потребителей, профсоюзов, журналистами и блогерами.

Так, например, в ОАО «Холдинг МРСК» был сформирован и действовал в нештатных ситуациях по особому стандарту Общественный совет, в состав которого входили представители Общероссийских общественных организаций-партнеров: «ОПОРА России», «Деловая Россия» (малый, средний, крупный бизнес), Федерации независимых профсоюзов, Союза малых городов и других.

Интеграция зарубежного опыта коммуникаций по управлению кризисом

В качестве опорного кейса рассмотрим систему коммуникаций в кризисной ситуации в ходе Кали-

форнийского энергетического кризиса 2000–2001 гг.

Это была ситуация, в которой американский штат Калифорния испытывал дефицит электроснабжения, вызванный рыночными манипуляциями и ограничением розничных цен на электроэнергию. В большей степени пострадало от многочисленных крупномасштабных отключений электроэнергии государство, поскольку одна из крупнейших энергетических компаний штата рухнула, а экономические последствия сильно пострадали от положения губернатора Грея Дэвиса¹.

Засуха, задержки с вводом новых электростанций, манипулирование рынком привели к снижению предложения, что стала причиной увеличения оптовых цен с апреля 2000 г. по декабрь 2000 г. на 800%. Веерные отключения негативно сказались на экономике многих промышленных предприятий и причинили неудобства большинству розничных потребителей.

Следует отметить, что кризис-менеджмент в США и Великобритании входит в перечень аутсорсинговых сервисных функций, в отличие от Российской Федерации, где центр управления кризисом всегда расположен внутри энергокомпании. Так, в кризис-коммуникациях на энергетическом рынке США специализируется компания California Independent System Operator (CAISO). CAISO, деятельность которой носит некоммерческий характер, представляет собой независимый системный оператор на территории Калифорнии, в основу деятельности которой положен контроль оптового рынка по электроэнергетическим ресурсам, охватывая при этом 4/5 части территории штата.

В случае возникновения кризисной ситуации CAISO выпускает предупреждение, в котором прописывает степень аварийной ситуации. Документ извещает о количестве падения производства электроэнергии в процентном соотношении и возможности отключения электроэнергии. На основе данной информации происходит рассылка СМС-сообщений потребителям, а также извещение по теле- и радиосвязи.

Количество уведомлений об аварийных ситуациях 3 степени, которые могут потребовать веерного отключения, увеличилось с 1 в 2000 г. до 38 22 мая 2001 г. Количество уведомлений об аварийных ситуациях 1 и 2 степеней увеличилось с 91 в 2000 г. до 127 22 мая 2001 г. В некоторых случаях 2 степень требует добровольного сокращения потребления электроэнергии.

Веерные отключения электроэнергии, затронувшие 97000 клиентов, произошли в районе залива Сан-Франциско 14 июня 2000 г., и компания San Diego Gas & Electric Company подала жалобу на манипулирование рынком некоторыми производителями энергии в августе 2000 г. 7 декабря 2000 г. компания CAISO, управляющая калифорнийской энергосистемой, объявила о начале третьей ступени энергоснабжения штата, что означало, что запасы электроэнергии были ниже 3 процентов. Веерные отключения были предотвращены, когда штат остановил два мощных государственных и федеральных водяных насоса для экономии электроэнергии.

¹ California Power Exchange [Электронный ресурс] website <http://www.calpx.com>. (дата обращения: 17.05.2020).

Наиболее примечательно, что город Лос-Анджелес не пострадал от кризиса, потому что государственные коммунальные предприятия в Калифорнии (включая Департамент водоснабжения и электроснабжения Лос-Анджелеса) были освобождены от законодательства о дерегулировании и продавали свою избыточную мощность частным коммунальным предприятиям в штате (в основном в Южной Калифорнии Edison) во время кризисов. Это позволило большей части Большого Лос-Анджелеса пострадать только от прокатки коричневых выходов, а не от долгосрочных отключений, которые имели место в других частях штата.

17 января 2001 г. из-за энергетического кризиса губернатор Грей Дэвис объявил чрезвычайное положение. Спекулянты, возглавляемые корпорацией Enron, коллективно получали большие прибыли, в то время как государство балансировало на краю в течение нескольких недель и, наконец, пострадало от накатившихся отключений 17 и 18 января. Дэвис был вынужден вмешаться, чтобы купить электроэнергию на крайне невыгодных условиях на открытом рынке, так как калифорнийские энергетические компании были технически банкротами и не было никакой покупательной способности. В результате этого огромные долгосрочные долговые обязательства добавились к кризису государственного бюджета и привели к широкому недоверию администрации Грэя Дэвиса.

На примере энергетического кризиса в США следует признать важность осуществления следующих превентивных шагов:

- максимально централизовать коммуникации;
- провести экспресс-мониторинг СМИ;
- выступить с официальным заявлением для СМИ;
- проинформировать основных контрагентов о произошедшем, о возможных последствиях;
- реализовать комплекс мероприятий, направленных на привлечение лидеров мнений, имеющих возможность оказать поддержку компании своими выступлениями.

В отличие от российской модели коммуникации зарубежные компании в большей мере используют методы работы с ретрансляторами: предусмотрены специальные отделы, которые готовят кризисные информационные сообщения и транслируют их по нескольким каналам связи.

Содержание коммуникации с населением при массовом отключении потребителей от источников централизованного электроснабжения

Одним из самых важных в период кризисной ситуации является вопрос о том, какие целевые группы в текущий момент наиболее приоритетны и как дифференцировать информацию применительно к их специфике. В зависимости от типа и сути кризиса в основные группы целевых аудиторий могут входить СМИ, акционеры, местные жители, государственные структуры, акционерное, банковское и экспертное сообщества.

В условиях отключения электроэнергии вследствие

«ледяных дождей» 2020–2011 гг. одной из проблем, носящих в наибольшей степени актуальный характер, было информирование населения о ходе работ по восстановлению электроснабжения².

В создавшихся условиях департамент по работе с общественностью ОАО «МОЭСК» (электросетевая компания на территории Москвы и Московской области, подотчетная ОАО «Холдинг МРСК») перешел на круглосуточный режим работы. Готовилась оперативная информация, которая выкладывалась в Интернет, проводились пресс-туры, предоставлялись интервью, в том числе телевидению Россия-24, на котором действовала специальная, продюсируемая департаментом информационной политики и коммуникаций ОАО «Холдинг МРСК» телепрограмма «Энергетика. Обзор отрасли», телепрограмма «Электропередача», учрежденная с участием ОАО «МОЭСК» на Московском областном телевидении. Особое внимание уделялось подготовке комментариев, оперативных сводок, экспертных оценок, мониторингу общественного мнения в административных районах, подвергшихся массовым отключениям.

Вполне естественно, что в период пика аварийно-восстановительных работ ощущалась острая нехватка персонала для информирования населения на местах. Причиной этому послужили несколько факторов:

Во-первых, при массовых отключениях, когда без света остались одновременно около 400 тысяч человек, доводить информацию из центра до жителей каждой деревни практически невозможно.

Во-вторых, основные усилия PR-специалистов ОАО «МОЭСК» были сосредоточены на работе с журналистами.

Большую роль в информировании населения о ходе восстановительных работ в круглосуточном режиме осуществлял Call-центр ОАО «МОЭСК» по единому бесплатному номеру 8-800-700-40-70. Для обеспечения дозвона абонентов в Call-центр оперативно увеличили число операторов, принимающих звонки. В период с 26.12.2010 г. по 10.01.2011 г. общее количество обращений в Call-центр составило 12494.

Более того, подобные Call-центры в Холдинге МРСК впоследствии были созданы повсеместно. Например, в ОАО «МРСК Северо-Запада» на всей территории, которая включает в себя семь регионов, в период кризиса зимы 2011 г. действовала единая аварийная телефонная линия «Включаем свет».

Вместе с тем, в период жестких «ледяных дождей» 2010–2011 гг. нехватка специалистов для целенаправленного информирования населения ощущалась весьма остро. Решением проблемы послужила организация временных информационных центров (ВИЦ) в местах, где непосредственно занимались организацией и ведением аварийно-восстановительных работ.

ВИЦ выполняли следующие задачи:

² Ужанов А. Е. В своей экологической инициативе мы опираемся на опыт и потенциал экологических организаций, особенно в части совершенствования профильного законодательства. // https://www.ruscable.ru/news/2012/05/12/Aleksandr_Uzhanov_V_svoej_ekologicheskoy_initsiati/

- ответы на звонки граждан с вопросами о ходе аварийно-восстановительных работ в ОАО «МОЭСК»;
- информирование глав местных администраций, сельских поселений и других должностных лиц о ходе аварийно-восстановительных работ, возможных отключениях, примерных сроках восстановления электроснабжения.

Работа ВИЦ, создаваемых в каждом районе электрических сетей (РЭС), организовывалась круглосуточно на базе приемных начальников РЭС (там, где непосредственно занимались ведением аварийно-восстановительных работ и куда стекалась вся оперативная технологическая информация).

Стоит отметить, что это не были привычные пресс-центры, а именно информационные подразделения; так что за работу с журналистами оставался ответственным по-прежнему департамент связей с общественностью компании.

Телефоны ВИЦ были опубликованы на сайтах ОАО «МОЭСК», органов власти Московской области и в местных СМИ.

Комплектовались ВИЦ за счет штатных сотрудников РЭСов, незадействованных в аварийно-восстановительных работах. На практике это были, в основном, сотрудники финансово-экономического блока и блока по технологическому присоединению. Им было рекомендовано внимательно выслушивать все обращения, вести разговор корректно, стремиться, по возможности, сбивать накал эмоций со стороны заявителей. Эта ситуация, помимо всего прочего, подчеркнула необходимость повышения коммуникативной и психологической подготовки сотрудников, которые могут привлекаться к работе на «горячей линии». Поэтому впоследствии в компании, исходя из полученных уроков в экстремальной ситуации 2011 г., был разработан регламент работы экстренной выездной группы психологов и врачей Центра психофизиологического обеспечения надежности профессиональной деятельности и работоспособности персонала. Была сформирована рабочая группа, занимающаяся разработкой концепции социально-психологической службы, психолого-физического обеспечения персонала. Были также отработаны специальные методики, стресс-тесты, реабилитационное оборудование, диагностические приборы. Очевидно, что сотрудники должны проходить и психологические тренинги, повышающие их стрессоустойчивость и улучшающие навыки общения с населением в условиях ЧС. Следует подчеркнуть, что сотрудники компании также являются одной из ее целевых аудиторий, так как это внутренняя среда организации и соответственно деятельность всех участников, в конечном счете, направлена на достижение одних и тех же целей — восстановление нарушенного электроснабжения и минимизация материального ущерба как для потребителей, так и для компании, не допустить обвала деловой репутации и лояльности местного населения.

Говоря о работе информационного актива, стоит также отметить то, что для ее облегчения были разработаны примерные ответы на звонки населения и типовые сообщения для информирования глав местных администраций.

Так, например, на звонки населения предлагался следующий вариант текста в качестве ответа:

«На основании того, что погодные условия характеризовались наличием обильного снегопада и порывами ветра, достигавшими Y м/с, случилось отключение на линиях электропередач, носившее временный характер. Бригады, которые ведут аварийно-восстановительную деятельность от компании ОАО «МОЭСК», перешли на круглосуточный режим работы. Что касается конкретного населенного пункта X , то туда было направлено Z бригад для восстановления электроснабжения на этой территории. Ориентировочно плановое время подключения энергоснабжения в пункте X состоит в W часов».

Всего в течение января 2011 г. операторами ВИЦ было принято более двадцати одной тысячи звонков.

Вместе с тем, на одном из постриктисных заседаний Правительственной комиссии по безопасности электроснабжения (т. н. федерального штаба) перед информационными структурами распределительного электросетевого комплекса России была поставлена задача кардинально повысить качество информирования населения в чрезвычайных ситуациях техногенного и особенно природно-климатического характера. На селекторном совещании 14 января 2011 г. Министр энергетики РФ С. И. Шматко обратил внимание на необходимость повышения ответственности электросетевых компаний за оперативность и эффективность работы по информированию населения в ходе ликвидации последствий массовых отключений потребителей электроэнергии и проведения аварийно-восстановительных работ, т. е. конкретно за управление кризисом.

Таким образом, задача информирования общественности о ходе ликвидации последствий кризисной ситуации не является исключительной прерогативой PR-департамента или пресс-службы энергокомпании. Как правило, в таких случаях идут звонки от большого числа потребителей, поэтому создание и развитие технологии ВИЦ, как показал кризис 2011 г., является серьезным подспорьем в преодолении последствий блэкаута. На уровне ОАО «Холдинг МРСК» координирующим деятельность по информированию населения и стейкхолдеров была специальная Временная рабочая группа (кризис-штаб), в которую входили директор по информационной политике и коммуникациям, начальник пресс-центра компании, начальник отдела по связям с общественностью и даже начальник отдела по международному сотрудничеству (занимался оперативным сбором зарубежного опыта действий в подобных ситуациях и трансфером в ОАО «Холдинг МРСК» и его операционные компании. Особо значение для той ситуации имели кризисные кейсы Норвегии, Канады, Финляндии).

Взаимодействие с органами государственной и муниципальной власти, органами государственного управления и регулирования

Все без исключения энергокомпании зависят в своей деятельности от государственного регулирования.

Именно государственные органы разного уровня являются главным стейкхолдером энергобизнеса. GR-коммуникация в кризис осуществляется на 3-х уровнях³:

1. Федеральный уровень (высший) — это президентские структуры, правительственные структуры (в том числе Минэнерго, Российское энергетическое агентство), законодательные (Госдума, комитет по энергетике, комитет по природопользованию) и госрегуляторы (Федеральная антимонопольная служба, Федеральная служба по тарифам, Ростехнадзор, Росприроднадзор, Рослесхоз, Совет рынка и пр.). Важными партнерскими структурами являются также энергкомпании, например, территориальные сетевые организации, Федеральная сетевая компания и ее операционные субъекты в виде МЭС, Системный оператор и его региональные диспетчерские управления, иные энергкомпании (Русгидро, Газпром, Роснефть и т. д.).

2. Региональный уровень (средний) — это в основном органы власти субъектов Федерации и Региональные энергетические комиссии — структуры, устанавливающие тарифы на передачу электроэнергии.

3. Местный уровень (нижний) охватывает муниципальные образования, органы местного самоуправления, ТСЖ, дачные кооперативы, депутатскую общественность и СМИ.

Сразу после произошедших событий в канун Нового 2011 г., когда под воздействием ледообразования на воздушных линиях электропередачи не выдержали кроны деревьев и, опустившись на ЛЭП, произвели в труднодоступных без специальной техники и авиасообщения лесных массивах короткое замыкание системы электроснабжения на уровне ПС 110 кВ (отключались целые города, аэропорты, мощные транспортные и логистические узлы), руководство Минэнерго и Холдинга МРСК было приглашено с отчетом о случившемся на заседание Президиума Правительства РФ, а позже и на совещание Правительства РФ. По словам генерального директора ОАО «Холдинг МРСК» Н. Н. Швеца, за весь период с момента начала восстановительных работ до их завершения директор Холдинга МРСК трижды выступал с личными докладами перед Премьер-министром РФ В. В. Путиным. Помимо констатации ситуации с отключениями, предлагались пути восстановления системы энергоснабжения, резервирования важных транспортных линий, оперативной переброски в приоритетные учреждения (больницы, школы, детские сады, муниципальные структуры) дизель-генераторов и других автономных источников электроэнергии. Многие вопросы разрешались достаточно быстро, чему способствовала поддержка со стороны Правительства и Минэнерго РФ.

Отдельная коммуникация велась с депутатской ответственностью. Представители Комитета по энергетике Государственной думы РФ, Комитета Совета Федерации по природным ресурсам и охране окружающей среды, а также комитетов ТЭК республиканских, краевых и областных законодательных собраний старались держать

руку на пульсе, проводили заслушивания, назначали депутатские расследования конкретных инцидентов.

В работе по информированию глав местных администраций о ходе ремонтно-восстановительных работ в ОАО «МОЭСК» были разработаны шаблоны типовых сообщений. Предлагался, например, следующий текст:

«В связи с обильным снегопадом и порывами ветра до Y метров в секунду произошли временные отключения на линиях электропередачи. Аварийно-восстановительные бригады ОАО «МОЭСК» круглосуточно работают на линиях. В руководимом вами районе (сельском поселении, деревне) возможны отключения следующих населенных пунктов <...>. Ожидаемое время восстановления электроснабжения — столько-то часов»⁴.

Более того, коммуникации со всеми районными газетами были установлены через министерство информации Московской области.

К явным недостаткам в организации взаимодействия с территориальными органами власти и управления следует отнести отсутствие заранее согласованного порядка информирования населения об аварийных отключениях, о сроках выполнения аварийно-восстановительных работ. Из-за отсутствия должного взаимодействия и единого центра формирования информационного потока на начальном этапе население ощущало дефицит нужной информации. Информация была разобщенной, так как исходила из разных источников и не все они имели высокий ценз доверия.

Несмотря на имеющиеся соглашения между филиалами электросетевых компаний и территориальными управлениями МЧС по обмену информацией, не везде соблюдалась взаимная ответственность за согласование кризисной ситуации и сообщения по ней. Так, в докладной записке Заместителю Генерального директора-Технического директору ОАО «Холдинг МРСК» Б. И. Механошину и Заместителю Генерального директора — Руководителю Аппарата ОАО «Холдинг МРСК» А. А. Попову Директора Департамента информационной политики и коммуникаций ОАО «Холдинг МРСК» А. Е. Ужанова от 20.01.2011 г. говорится:

«<...> В структуре оперативных штабов Общества и дочерних зависимых обществ (ДЗО) отсутствуют группы по работе с общественностью. Это негативно сказывается на получении оперативной и полной информации о масштабах аварий и технологических нарушений, а также о ходе аварийно-восстановительных работ, силах и средствах, привлеченных для ликвидации последствий нарушений.

С учетом вышеизложенного предлагаю внести обоснованные изменения:

1. В действующий регламент:

1.2. Создать <...> Группу по связям с общественностью (далее — Группа) во главе с директором по информационной политике и коммуникациям Общества. <...>

³ Конституция РФ (принята всенародным голосованием 12.12.1993) [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 20.02.2020).

⁴ А. Е. Ужанов. Материалы мастер-класса «Организация информационного обеспечения деятельности субъекта электроэнергетики и взаимодействия с населением в условиях массовых нарушений», с.18.

В Группе предусмотреть профильные секторы:

- по работе с информационными структурами федеральных и региональных органов государственной власти и управления, общественными организациями <...>;
- по работе с депутатами Государственной Думы РФ <...>;
- <...>»⁵.

«<...> В области организации взаимодействия с территориальными органами власти и муниципальными образованиями предлагается:

- Разработка совместно с администрациями муниципальных районов порядка информирования населения;
- Разработка регламента взаимодействия с администрациями районов при производстве аварийно-восстановительных работ с определением зоны ответственности;
- Принятие администрациями муниципальных районов мер по обеспечению объектов жизнеобеспечения и социально-значимой нагрузки «МОЭСК» парка передвижных электростанций для электроснабжения потребителей по временной схеме <...>»⁶.

Коммуникации со средствами массовой информации и специфика кризисного медиа-планирования

Как правило, СМИ выделяются в условиях кризиса в одну из самых приоритетных для кризисной коммуникации категорий. Журналистам следует уделять особое внимание, поскольку в их компетенции находится возможность оказывать прямое влияние на формирование общественного мнения в отношении того или иного события. Так, в период отключения электроснабжения зимой 2010–2011 гг. коммуникация с населением происходила через СМИ, и основные усилия PR-специалистов ОАО «МОЭСК» были сосредоточены на работе с журналистами.

Только за первые десять дней 2011 г. было предоставлено 48 комментариев телевизионным и 50 радиальным СМИ.

Общее количество публикаций со ссылкой на МОЭСК за январь 2011 г. превысило четыре тысячи, что соответствовало итогам всего 2009 г.

Учитывая, что в период с 31 декабря 2010 г. по 11 января 2011 г. печатные СМИ не выходили, основной упор в работе был сделан на контакты с электронными СМИ: телевидение, радио и информационные агентства.

В период с 26 декабря 2010 г. по 26 января 2011 г.

был организован выезд 43 съемочных телевизионных групп в районы проведения аварийно-восстановительных работ.

Более того, в период ликвидации последствий «ледяных дождей» коммуникация поддерживалась непосредственно со всеми центральными телеканалами. В федеральном телеэфире иногда по нескольку раз в день выходили интервью официальных лиц компании с сообщениями о ходе восстановительных работ и примерном времени, в течение которого будет восстановлено электроснабжение. Основными спикерами были: директор по информационной политике и коммуникациям ОАО «Холдинг МРСК» А. Е. Ужанов, Директор Департамента по связям с общественностью ОАО «МОЭСК» В. М. Струговец. Телеканал «НТВ» на экране во время оперативных выпусков предоставлял прямой мобильный телефон Директора по информационной политике и коммуникациям организации А. Е. Ужанова для отключенных потребителей, который в круглосуточном режиме реагировал на возникающие ситуации и действовал кризис-менеджером, иногда принимая решения о переброске в то или иное село дизель-генератора замерзающему человеку или срочной доставке к месту аварийной ситуации оперативно-восстановительной бригады. Т. е. кризис потребовал взять ответственность за восстановление электроснабжения даже от специалистов в области коммуникаций, что позволило им приобрести ценнейший опыт на уровне бенч-марка не только для России, но и для зарубежных стран.

На телеканале «Россия-24» раз в неделю выходила программа «Энергетика. Обзор отрасли», где делались обзоры происходящей ситуации и прогнозы на нее от официальных лиц ОАО «Холдинг МРСК».

В Московской области выходила подобная тематическая программа «Электропередача», где департамент связей с общественностью компании также освещал процесс ремонтно-восстановительных работ.

Информация публиковалась в районных газетах. Сводки по итогам каждого дня направлялись на районные радиостанции и в районные газеты. Эти же сводки выдавались Call-центрам и единым диспетчерским службам каждого подмосковного города. Таким образом, круг ретрансляторов информации был достаточно широким.

На базе оперативных сводок составлялись пресс-релизы, где фиксировалась информация о ходе ремонтно-восстановительных работ, о бригадах, задействованных на объектах, о линиях, на которых ведутся работы, также в них давалось ориентировочное время включения. Сводки публиковались через СМИ, отправлялись в Call-центры и в диспетчерские службы. Эти же пресс-релизы размещались на официальном сайте компании.

В первых пресс-релизах по технологическим нарушениям энергокомпании акцентировали внимание на следующих аспектах:

- «в ремонтных работах задействовано X единиц техники и X сотрудников»;

⁵ Письмо №6-198 от 20.01.2011 Заместителю Генерального директора-Технического директору Б. И. Механошину и Заместителю Генерального директора — Руководителю Аппарата А. А. Попову от Директора по информационной политике и коммуникациям А. Е. Ужанова.

⁶ Письмо №6-198 от 20.01.2011 Заместителю Генерального директора-Технического директору Б. И. Механошину и Заместителю Генерального директора — Руководителю Аппарата А. А. Попову от Директора по информационной политике и коммуникациям А. Е. Ужанова.

- «создан оперативный штаб для ликвидации последствий ЧП»;
- «работы будут производиться в круглосуточном режиме»;
- «делается все необходимое для энергоснабжения потребителей по резервной схеме»;
- «работы производятся в координации с органами власти и МЧС».

Так, например, 31.12.2010 г. на официальном сайте ОАО «МОЭСК» был опубликован пресс-релиз со следующим заголовком: «Информация оперативного характера, которая освещает ситуацию по восстановлению электроэнергетических объектов на территории Подмоскovie по состоянию на 14:00».

В тексте пресс-релиза говорилось: «Работа, которая продлевалась 5 часов сегодня, 31 декабря с начала рабочего дня (09:00) до текущего момента включительно (14:00), осуществляемая специалистами МОЭСК, направленная на восстановление электроснабжения на территории Подмоскovie, помогла в существенной степени сократить количество трансформационных подстанций, находящихся в отключенном состоянии. Их количество сократилось с 1219 ед. (что было в начале работы) до 971 ед. (на текущий момент), то есть на 348 ед. В связи с этим можно сказать, что количество жителей в Московской области, оставшихся утром без электроэнергии, также сократилось — с 9500 до 8700, т. е. на 800 человек. Проблемная ситуация до сих пор имеет место быть для жителей Раменского, Истринского, Подольского, а также Рузского районов в рамках территории Подмоскovie. Работы аварийно-восстановительного характера, направленные на ликвидацию данной проблемы, ведутся усилиями 588 бригад, общая численность работников которых составляет 2 306 чел. Также на устранение проблемы направлено 299 ед. специализированной техники. После того, как вчера (30.12) дали сбой и отключились основные питающие электроэнергетические центры, в качестве приоритетной задачи на сегодня (31.12) можно выделить восстановление электроснабжения, которое будет находиться пока что в диапазоне низкого напряжения, а именно, от 0,4 кВ до 10 кВ. <...>»⁷.

В период с конца декабря 2010 г. по конец января 2011 г. каждые сутки на официальном сайте компании публиковались от трех до восьми постов с актуальной информацией о процессе ликвидации последствий «ледяных дождей».

Кризисные коммуникации с экспертным сообществом

Имеет смысл в одну из целевых аудиторий в кризис выделять экспертное сообщество — тех, кто будет давать независимые оценки, осуществлять экспертизы, предоставлять комментарии, кто будет давать прогнозы и моделировать ожидания, предвосхищать результат посткризисного развития ситуации для конкретной компании и рынка в целом.

В числе таких экспертных субъектов выступают Фонд

⁷ URL: http://www.moesk.ru/press/company_news/item23428.php#

энергетической политики, Фонд «Институт энергетики и финансов», Фонд национальной энергетической безопасности, Научное сообщество «Энергетика будущего», созданное по инициативе департамента информационной политики и коммуникаций ОАО «Холдинг МРСК».

Так, например, при расчистке просек (виной многочисленных замыканий на ЛЭП были заросшие просеки), когда высвобождалось огромное количество древесины, потребовались специальные технические и коммерческие решения. Так, Некоммерческое партнерство «Энергетика будущего», которым руководил директор департамента по информационной политике и коммуникаций ОАО «Холдинг МРСК» А. Е. Ужанов разрабатывало предложения по использованию мульчерной техники (измельчение и перемалывание остатков леса: древесины, веток и т. д.), а также мобильных, сопряженных с мульчерами, энерго-котлов, которые использовали вырубленный лес и щепу для выработки электроэнергии⁸.

В период кризиса был подписан приказ о создании рабочей группы по обобщению опыта деятельности в условиях кризисных ситуаций. Она состояла из специалистов по кризисным коммуникациям и в сфере электроэнергетики, что подразумевало проведение скрупулезного анализа всех факторов, влияющих на ход развития ситуации, а также разработку комплексного плана действий, системную работу с общественностью.

Спин-докторские техники в ходе кризиса и при ликвидации последствий массовых отключений потребителей от электроснабжения

Выделяют пять типов использования PR-технологии спиндокторинга: до-спин, после-спин, торнадо-спин, спин-контроль, спин-даун⁹.

Для того, чтобы сформировать желаемое общественное мнение в период ликвидации последствий «ледяных дождей» 2010–2011 гг. и переключить внимание аудитории с негативных событий на позитивно-резонансные был использован фактор торнадо-спина. Компания сделала явный акцент на том, что основной причиной многочисленных замыканий на воздушных трассах линий электропередачи стали заросшие просеки, которые не входили в зону ответственности самой компании. По инициативе ОАО «Холдинг МРСК», не ставшего разбираться, чья ответственность за содержание лесных просек, начались масштабные расчистки трасс вдоль воздушных ЛЭП, и это прямое и репутационно значимое действие активно освещалось в телепрограммах «Энергетика. Обзор отрасли» и «Электропередача», в печатных и электронных СМИ.

Более того, в этот период было вырублено около

⁸ PR в энергетике [Электронный ресурс] // Comagency, 2013. URL: <http://comagency.ru/pr-v-energetike/> (дата обращения: 20.02.2020).

⁹ К. Э. Погоцкий, П. Л. Соловьев. Спиндокторинг как технология защиты интересов организации в медиaprостранстве [Электронный ресурс] // URL: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/159384/1/36-51.pdf> (дата обращения: 02.05.2020).

300 тысяч деревьев только в Подмосковье, что без сомнения нанесло огромный ущерб природе. Для компенсации данного ущерба была разработана целевая коммуникационная программа (ЦКП) ОАО «Холдинг МРСК» под названием «Распределительный электросетевой комплекс — за охрану окружающей среды», девиз которой «Сохраним энергию леса!» стал ключевым слоганом компенсационных высадок деревьев и кустарников по всей стране. Фактически это была Всероссийская экологическая экспедиция под единым зонтичным брендом.

Основной месседж ЦКП «Сохраним энергию леса» заключался в том, что сохранение природного баланса не только национальная, но и глобальная проблема, решение которой важно для всего человечества. По своей сути это была беспрецедентная по своему масштабу экологическая акция в 2011 г. было в России электросетевыми компаниями высажено один миллион деревьев, в 2012 г. столько же. Разбито 85 аллей электроэнергетики, 25 природно-ландшафтных парков¹⁰.

Всероссийская экологическая акция началась 4 марта 2011 года на территории Государственного историко-художественного и литературного музея-заповедника «Абрамцево». Событие было приурочено к 165-летию со дня рождения выдающегося отечественного историка и теоретика искусства Адриана Викторовича Прахова, творчество которого неразрывно связано с усадьбой «Абрамцево». Там прошла высадка сибирского кедра и пихты, компенсировавшая два дерева, упавших во время катаклизма на ЛЭП в границах заповедника.

Для привлечения большего числа участников высадки деревьев проводились в праздничные дни: 23 апреля 2011 г. — в единый день Всероссийской высадки деревьев, 14 мая 2011 г. — в Национальный день посадки леса. Высаженному дереву присваивалось имя участника акции. Поэтому каждый, в том числе члены семей, могли почувствовать свою сопричастность и вовлечённость в этот благородный и высоко репутационный проект. Все деревья были нанесены на специальную электронную карту, созданную на официальном сайте ОАО «Холдинг МРСК». Среди организаторов Всероссийской экологической акции были Координационный совет ветеранов распределительного электросетевого комплекса, Объединённый совет молодёжи ОАО «Холдинг МРСК» и ВК «Электропрфсоюз».

Для того, чтобы СМИ самостоятельно заинтересовались акцией и освещали её на безвозмездной основе, а сама акция получила широкую огласку, был предложен ряд следующих нестандартных (креативных) решений. Мероприятия по высадке были совмещены с Историко-мемориальной акцией, которая носила название «Эстафета Знамени Победы», а также с Международной эстафетой памяти и благодарности под брендом «Родина Подвига — Родине Героя». В рамках этих со-

пряжённых и синхронизированных патриотических общенациональных акций было установлено сотрудничество с Общероссийскими общественными организациями «Опора России», «Деловая Россия», ДОСААФ и другими, а также осуществлялось взаимодействие с природоохранными, экологическими, культурными организациями (Всемирный фонд дикой природы, Движение молодых экологов «Местные», общественная организация «Всероссийское общество охраны природы» и другими). Также была учреждена специальная номинация «Сохраним энергию леса» в рамках Всероссийского конкурса журналистских работ «Электросети России-2011».

Партнерами проекта также стали внешние структуры: Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз), Русская Православная Церковь, Всемирный фонд дикой природы, Движение молодых экологов «Местные», общественные организации, представляющие бизнес-сообщество, вузы-партнеры, компании-партнеры, СМИ.

Стоит отметить, что за результаты этой целевой коммуникационной программы ОАО «Холдинг МРСК» был награжден специальным дипломом по итогам III Ежегодного конкурса Министерства энергетики РФ и Российской ассоциации по связям с общественностью «КонТЭКст» в номинации «Лучший проект, который направлен на поддержание охраны окружающей среды».

Все это, безусловно, положительно сказалось на репутации компании. Особенно примечательно то, что до реализации данной коммуникационной программы компания, в целом, была малоизвестна. И именно коммуникационные стратегии, разработанные в период ликвидации последствий «ледяных дождей», помогли сформировать репутацию компании в наиболее выгодном свете. Публичный капитал ОАО «Холдинг МРСК» за время кризиса вырос в 5 раз.

Заключение

В работе раскрыта специфика построения PR-коммуникаций в компании-поставщике электроэнергии на примере ОАО «Холдинг МРСК»: выявлена структура PR-коммуникации энергетической компании в кризисной ситуации, изучены особенности PR-сопровождения ликвидации последствий ЧП, обобщён опыт по работе с населением, а также, на основе выше-сказанного, разработаны рекомендации по действию в период кризисных ситуаций.

Компании, представляющие энергетическую отрасль, имеют повышенный уровень возникновения репутационного риска, ввиду особенностей осуществления своего основного вида деятельности. Таким образом, предварительная оценка рисков в таких компаниях и поиск возможностей по их ликвидации или минимизации является одной из ключевых задач специалиста в области PR.

Так, репутация энергокомпании — это её восприятие целевыми аудиториями, в которые могут входить представители органов государственной и муниципальной власти, органы самоуправления, средства массовой

¹⁰ А. Е. Ужанов. Материалы презентации целевой коммуникационной программы ОАО «Холдинг МРСК» «Распределительный электросетевой комплекс — за охрану окружающей среды».

информации, экспертное сообщество и, конечно, население. Поэтому грамотная организация Коммуникации на всех уровнях является приоритетной задачей PR-отдела.

Список использованных источников

1. Конституция РФ (принята всенародным голосованием 12.12.1993) [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: (20.02.2020).
2. Лесной кодекс РФ от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 24.04.2020)/ [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: (30.04.2020).
3. ФЗ "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: (20.02.2020).
4. Постановление Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. N 160 "О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон" (с изм. и доп.), [Электронный ресурс] // <https://base.garant.ru/12165555/> (дата обращения: (20.02.2020).
5. Единая коммуникационная политика Группы компаний ПАО «Россети». – 70 с.
6. Регламент антикризисных коммуникаций компании ПАО «Россети».
7. Письмо №6-198 от 20.01.2011 Заместителю Генерального директора-Технического директору Б. И. Механовину и Заместителю Генерального директора – Руководителю Аппарата А. А. Попову от Директора по информационной политике и коммуникациям А. Е. Ужанова.
8. California Public Utility Commission, "California's Electricity Options and Challenges Report To Governor Gray Davis," August 2, 2000.
9. California Power Exchange [Электронный ресурс] URL: <http://www.calpx.com>. (дата обращения: 17.05.2020).
10. Официальный сайт компании "Россети" [Электронный ресурс] // URL: [http://www.moesk.ru/press/company_news/item23428.php#./](http://www.moesk.ru/press/company_news/item23428.php#/) (дата обращения: (20.02.2020).
11. Ужанов А. Е. Материалы мастер-класса «Организация информационного обеспечения деятельности субъекта электроэнергетики и взаимодействия с населением в условиях массовых нарушений». – 24 с.
12. Ужанов А. Е. Материалы презентации целевой коммуникационной программы ОАО «Холдинг МРСК» «Распределительный электросетевой комплекс – за охрану окружающей среды». – 32 с.
13. PR в энергетике [Электронный ресурс] // Comagency, 2013. URL: <http://comagency.ru/pr-v-enegetike/> (дата обращения: (20.02.2020).
14. Погоцкий К. Э., Соловьев П. Л. Спиндокторинг как технология защиты интересов организации в медиапространстве [Электронный ресурс] // URL: <http://elib.bsuy.by/bitstream/123456789/159384/1/36-51.pdf> (дата обращения: 02.05.2020).
15. Ужанов А. Е. В своей экологической инициативе мы опираемся на опыт и потенциал экологических организаций, особенно в части совершенствования профильного законодательства [Элек-

тронный ресурс] // URL: https://www.ruscable.ru/news/2012/05/12/Aleksandr_Uzhanov_V_svoej_ekologicheskoy_initsiati/ (дата обращения: (20.02.2020).

References

1. Russian Federation Constitution (adopted by nationwide vote on December 12, 1993) [online resource] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (date of retrieval: (February 20, 2020).
2. Forestry Code of the Russian Federation dated December 04, 2006 No. 200-FZ (as revised on April 24, 2020)/ [online resource] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (date of retrieval: (April 30, 2020).
3. Federal Law "On Electric Power Engineering" dated March 26, 2003 No. 35-FZ [online resource] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (date of retrieval: (February 20, 2020).
4. Russian Federation Government Resolution dated February 24, 2009 No. 160 "On procedure for establishing protected zones of power grid facilities and special terms of use of land plots located within the boundaries of such zones" (with amendments and additions), [online resource] // <https://base.garant.ru/12165555/> (date of retrieval: (February 20, 2020).
5. Single communication policy of PJSC Rosseti Group. – 70 pp.
6. Anti-crisis communication regulation of PJSC Rosseti.
7. Letter No.6-198 date January 20, 2011 to Deputy Director General – Technical Director B.I. Mekhanoshin and Deputy Director General – Chief of Staff A. A. Popov from A. Ye. Uzhanov, Director for Information Policy and Communications.
8. California Public Utility Commission, "California's Electricity Options and Challenges Report To Governor Gray Davis," August 2, 2000.
9. California Power Exchange [online resource] URL: <http://www.calpx.com>. (date of retrieval: May 17, 2020).
10. Official PJSC Rosseti website [online resource] // URL: [http://www.moesk.ru/press/company_news/item23428.php#./](http://www.moesk.ru/press/company_news/item23428.php#/) (date of retrieval: (February 20, 2020).
11. Uzhanov A. Ye. Materials of the workshop "Organization of information support of electric power engineering entity and interaction with population in conditions of mass disruptions". – 24 pp.
12. Uzhanov A. Ye. Materials of the presentation of target communication program of JSC IDGC Holding "Electric power grid complex – for environment protection". – 32 pp.
13. PR in power industry [online resource] // Comagency, 2013. URL: <http://comagency.ru/pr-v-enegetike/> (date of retrieval: (February 20, 2020).
14. Pogotskiy K. E., Solovyov P. L. Spin doctoring as a technology for protection of interests of an organization in media space [online resource] // URL: <http://elib.bsuy.by/bitstream/123456789/159384/1/36-51.pdf> (date of retrieval: May 02, 2020).
15. Uzhanov A. Ye. In our environmental initiative we rely on the experience and potential of environmental organizations, especially in terms of improving specific legislation. [online resource] // URL: // https://www.ruscable.ru/news/2012/05/12/Aleksandr_Uzhanov_V_svoej_ekologicheskoy_initsiati/ (date of retrieval: (February 20, 2020).



ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЕТЫ

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-207-217>

УДК 620.178.53.621.311.22

Организационные риски обеспечения надежности турбоагрегатов ТЭС и АЭС

Куменко А. И.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
ул. Красноказарменная, 13 С, 111250, г. Москва, Россия

Поступила / Received 07.06.2019

Принята к печати / Accepted for publication 14.09.2020

Рассматриваются проблемы и задачи, которые необходимо системно решать в процессе эксплуатации, наладки и ремонта высокотехнологичного энергетического оборудования (ЭО). Изложены основные причины ухудшения качества ремонтных работ. Отмечается, что разрушение ремонтных трестов привело к отсутствию системного подхода к ремонтным структурам как части энергетических систем. Отсутствие финансирования прикладной науки сопровождалось исчезновением научных школ. Все другие структуры (генерация, управление потоками) объединены и организованы. Ремонтные структуры разделены после ликвидации ремонтных трестов, разделены на мелкие части и не имеют фактически ни технической, ни организационной управляемости.

Отмечается отсутствие в РФ подготовки специалистов по ремонту и наладке ЭО. Ни один вуз сегодня не готовит специалистов в необходимом объеме по таким важным направлениям, как монтаж, ремонт, наладка и диагностика. Количество и качество специалистов, например, на турбинных кафедрах вузов не соответствует числу задач, которые сегодня надо решать при проектировании и создании высокотехнологичного оборудования.

Показано, что снижение надежности имеет место и при поставках импортного оборудования. Приведены примеры потери работоспособности оборудования производства иностранных фирм.

Отмечается, что несоответствие программ подготовки специалистов требованиям сегодняшнего дня уже приводит к ошибкам в управлении процессами ремонта и эксплуатации. Недостаточное внимание в области подготовки и переподготовки специалистов, некачественные программы обучения и отсутствие на кафедрах специалистов высшего класса, умеющих ставить и решать актуальные задачи в области ремонта и диагностики высокотехнологичного ЭО, несут в себе наибольшие системные риски. Сформулированные системные риски, рано или поздно, приведут к непоправимой ситуации. Эти риски можно снизить, только уделив в ближайшие 5–10 лет серьезное внимание поставленным проблемам, и, хотя бы частично, восстановив потенциал ведущих кафедр.

По большинству сформулированных проблем даны рекомендации и предложения по их решению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: риски, качество, ремонт, наладка, диагностика, специалисты, надежность, системный подход, турбоагрегат, валопровод, вибрация, подготовка кадров, взаимосвязь вузов, отраслевых НИИ и предприятий

Адрес для переписки:

Куменко А. И.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», каф. Теоретической механики, мехатроники, динамики и прочности машин

ул. Красноказарменная, 13 С, 111250, г. Москва

e-mail: 1949kai@mail.ru KumenkoAI@mpei.ru

Address for correspondence:

Kumenko A. I.

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», dep. Theoretical mechanics, mechatronics, dynamics and strength of machines

Krasnokazarmennaya St., 13 C, 111250, Moscow, Russia

e-mail: 1949kai@mail.ru KumenkoAI@mpei.ru

For citation:

Kumenko A. I. [Organizational risks of ensuring the reliability of turbine units at TPP and NPP4]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of power Industry*. 2020, vol. 13, no. 3, pp. 207–217. (in Russian)

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-207-217>

Для цитирования:

Куменко А. И. Организационные риски обеспечения надежности турбоагрегатов ТЭС и АЭС. *Надежность и безопасность энергетики*. 2020. – Т. 13, №3. – С. 207–217.

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-207-217>

Organizational risks of ensuring the reliability of turbine units at TPP and NPP

Kumenko A. I.

*National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Dept. of Theoretical Mechanics, Mechatronics, Dynamics and Strength of Machines
Krasnokazarmennaya St., 13 C, 111250, Moscow, Russia*

The problems and tasks that need to be systemically solved during the operation, adjustment and repair of high-tech power equipment (PE) are considered. The main reasons for the deterioration in the quality of repair work are stated. It is noted that the destruction of repair trusts has led to the absence of a systemic approach to repair structures as part of energy systems. The lack of funding for applied science led to the disappearance of scientific schools. All other structures (generation, flow control) are combined and organized. As for repair structures, they were divided after the liquidation of the repair trusts, split into small parts and are virtually uncontrollable, both technically and organizationally.

There is a lack of training for specialists in repair and adjustment of PE in the Russian Federation. Today, not a single university trains the required number of specialists in such important areas as installation, repair, commissioning and diagnostics. The number and quality of specialists, for example, at turbine departments of universities do not match the scope of tasks that must be solved today in the design and creation of high-tech equipment.

It is shown that a decrease in reliability also takes place during the supply of imported equipment. Examples of loss of performance of equipment manufactured by foreign firms are given.

It is noted that the non-compliance of the specialist training programs with today's requirements already leads to errors in the management of the repair and operation processes. Insufficient attention in the field of training and retraining of specialists, poor-quality training programs and the absence of top-class specialists at departments, who could be able to set and solve urgent problems of the industry, carry the greatest systemic risks. The formulated systemic risks will sooner or later lead to an irreparable situation. These risks can only be reduced only by paying serious attention to the aforesaid problems over the next 5–10 years, and by restoring, at least partially, the potential of the leading departments.

For most of the above problems, recommendations and proposals for solving the same are presented.

KEYWORDS: risks, quality, repair, commissioning, diagnostics, specialists, reliability, systemic approach, turbine unit, shaft line, vibration, personnel training, interconnection between universities of industry research institutes and manufacturing plants

1. Отсутствие системного подхода

Основные организационные проблемы и отсутствие системного подхода начались при реорганизации энергетики и других отраслей, а также при реорганизации подготовки кадров в вузах путем переименования, сокращения и паспортизации специальностей.

Показатели надежности оборудования в любой отрасли техники являются объективными параметрами качества продукции. Значительные риски снижения надежности оборудования ТЭС и АЭС из-за отсутствия системного подхода появились при создании и эксплуатации ЭО и затем при организации ремонтных работ и технического обслуживания. В свое время 10 мощнейших трестов поделили СССР на 10 районов и обеспечивали необходимый системный подход к решению многочисленных проблем ремонта. Отметим, что ЭО, начиная от изготовления и заканчивая эксплуатацией и утилизацией, является наукоемким и высокотехнологичным. При его создании требуется огромный пласт знаний примерно полусотни специалистов, начиная от механики материалов и математики и кончая электричеством и экономикой. В свое время Королев

С. П. сказал, что спроектировать турбину для привода питательных насосов «Бурана» оказалось сложнее, чем создать сам корабль. Только на земле было испытано более 450 установок. Турбины умеют изготавливать всего несколько стран. Температуры рассматриваются от низких до 1500°C, не считая процессов горения в топках и камерах сгорания. Давления меняются от вакуума до сотен атмосфер. Обеспечение прочности и ресурса большинства деталей требует знаний термодинамики, физики, математики, механики, теплотехники, управления, системотехники и еще нескольких десятков теорий, начиная от экспериментальной обработки результатов исследований и заканчивая способами сборки и монтажа уникальных конструкций. В каждой мощной турбине не менее 15–20 систем, в каждой из которых необходимо владеть вопросами конструкции, прочности, надежности, технологичности и пр. Турбины служат для привода генераторов до 1200 МВт и более.

Так, во времена СССР проекты турбинных заводов на ранней стадии создания оборудования проходили экспертизу в десятках организаций. Прежде всего, это происходило в крупнейших отраслевых институтах и вузах, в том числе, например, на кафедре Паровых и газовых

турбин «МЭИ». Зав. кафедрой проф. Костюк А. Г. в конце 70-х годов возглавлял экспертные Советы Минэнерго и Минэнергомаша. Экспертные Советы предопределяли развитие энергетики и энергетической промышленности, разрабатывая и реализовывая программы по решению важнейших научно-технических вопросов. А преподаватели и сотрудники вузов, участвовавшие в реализации программ, всегда были в курсе проблем и новых разработок наших ведущих предприятий и прорабатывали эту информацию со студентами, выполнявшими НИР и дипломные проекты. Аналогичные процессы имели место по другим центральным энергетическим специальностям. В то время наша энергетика опережала энергетику всех стран, мы делали самые мощные, надежные и экономичные турбины. Только Ленинградский металлический завод (ЛМЗ) выпускал каждую 10-ю турбину в мире, имел почти 10% мирового рынка. Еще столько же давали миру заводы в Харькове и на Урале. Каждый год в МИНЭНЕРГО и МИНЭНЕРГОМАШ формировались отраслевые программы, в том числе по повышению надежности ЭО. Дееспособные специалисты турбинных кафедр вузов и отраслевых НИИ вносили свой вклад в создание надежных и экономичных турбин. Многие специалисты имели заказы в области энергомашиностроения и энергетики, участвовали в пусках и доводке оборудования после монтажа и наладки, и такое общение и интегрирование практических знаний заводских специалистов и теоретических знаний ученых давало, как сейчас модно говорить, синергетический эффект.

Очевидно, что для подготовки кадров, глубоко владеющих решением тысяч различных задач в области создания ЭО, требуются подготовленные выпускники средних школ и вузов.

Перечислим основные проблемы обеспечения надежности ЭО, которые возникли в последние три десятилетия и дадим рекомендации по их устранению.

1.1. Системный подход предполагает обобщение проблем надежности и экономичности каждого семейства турбоагрегатов, как это делалось до 2000 г. фирмой ОРГРЭС на всех ТЭС и ГРЭС и ОАО ЦКТИ для турбин и генераторов АЭС. Результаты анализа передавались, прежде всего, специалистам заводов и обеспечивали обратную связь для выявления резервов повышения надежности и экономичности. Для обеспечения системного подхода и качества продукции на каждой ТЭС, ГРЭС и АЭС, а также на заводах-изготовителях существовали отделы надежности.

С началом этого века Государство перестало финансировать такие работы, фирма ОРГРЭС практически прекратила существование, прекратилось обобщение параметров надежности оборудования ТЭС и ГРЭС. В НПО ЦКТИ аналогичные работы по оборудованию АЭС также были прекращены. Отделы надежности, как правило, в процессе перестройки были ликвидированы из-за отсутствия компетентности высшего менеджмента холдингов и нормальной нормативной базы в данной области.

Предложения: Решение проблем очевидно — требуется восстановление госуправления и финансиро-

вания в данной части для всей энергетики, особенно атомной, путем создания нормативной базы и восстановления соответствующих структур.

1.2. Проблемы подготовки кадров. Все упомянутые тресты имели свои учебные центры, а Минэнерго во времена СССР имело в подчинении 18 энергетических техникумов, обеспечивавших кадрами среднее звено предприятий отрасли. Трестами проводились системные мероприятия по подготовке кадров всех уровней, в том числе курсы повышения квалификации. Ряд крупнейших вузов обеспечивал энергетику кадрами и участвовал активно в решении проблем отрасли. Регулярно проводились конференции по надежности, вибрации и диагностике оборудования ТЭС и ГРЭС, АЭС и ГЭС, на многих из которых присутствовал лично Министр энергетики СССР. Уже тогда по ряду специальностей наблюдался кадровый голод. Так, например, Невскому Машиностроительному заводу в 80-е годы прошлого столетия нужны были десятки специалистов по системам автоматического управления турбоагрегатов. По газовым турбинам на газоперекачивающие станции только для Сибирского региона требовалось около 400 турбинистов в год. В то же время на нескольких турбинных кафедрах Ленинграда, Москвы и Свердловска готовили ежегодно не более десятка специалистов-автоматчиков, а в сумме специалистов по турбинам готовили не более 150–180 человек в год, из которых не менее половины уходило в другие отрасли промышленности. К сожалению, в ходе перестройки все достижения прежних лет были утрачены. В результате упало не только количество, но и качество подготовки ряда специалистов, особенно инженеров-механиков. Причин снижения качества подготовки много и они так же системные.

- Многие грамотные специалисты в вузах сегодня не имеют постоянных заказов, а высший Менеджмент станций и турбинных заводов считает, что любые задачи они должны решать сами, в результате чего несут постоянные убытки и приобретают риски. Но самое главное, в результате таких событий перестает воспроизводиться элитный слой ученых, преподавателей и наладчиков, которые всегда эффективно помогали решать возникающие проблемы. Количество высококлассных специалистов, способных ставить и эффективно решать любые задачи промышленности, резко сократилось.

- Ряды специалистов в отраслевых и учебных институтах серьезно поредели в ходе реорганизации энергетики и управления государством. Исчезли не только мощные тресты, исчезли отдельные отраслевые институты, например, «Энергомонтажпроект». В несколько раз сократилось количество сотрудников в отраслевых НИИ — НПО ЦКТИ, ОАО ВТИ — с нескольких тысяч в каждом до нескольких сот. Исчезают, как правило, самые сложные направления. На кафедрах Московских, Петербургских и Уральских вузов исчезли многие специалисты по прочности, надежности, вибрации. Число вопросов и задач, которые сегодня могут решить упомянутые вузы и НИИ резко сократилось. Вместе с

исчезновением крупных специалистов приостановлено решение и развитие новых научных задач. **Вывод:** Ослабленные структуры вузов и отраслевых НИИ без срочной серьезной финансовой поддержки со стороны промышленности и Государства приведут к окончательной деградации кадров и исчезновению научных школ, а затем к снижению конкурентоспособности промышленности.

• **Отсутствие современных учебников и учебных пособий.** Хорошие новые учебники теперь редкость. Как результат, сегодня из-за вымывания специалистов их некому сегодня писать, все меньше выпускается пособий и монографий. А по таким направлениям, как ремонт, диагностика и наладка ЭО, вообще литература практически отсутствует. В издательствах теперь нет системных планов издания современной литературы. В энергетических и энергомашиностроительных холдингах не закладываются достаточные расходы не только на учебники, но даже на пособия для своевременного повышения квалификации. А обилие старой информации в интернете, часто искаженной и с некомпетентными рекомендациями, и новой неотредактированной качественно литературы, приводит к информационному хаосу и вырождению на кафедрах специалистов высокого уровня. Сказанное подтверждается статистикой выпуска специальной литературы и количеством книг в известных книжных магазинах. Новая зарубежная техническая литература вообще перестала переводиться.

• В процессе реорганизации высшего образования также были допущены ошибки. Так, в требованиях по подготовке специалистов и паспортах специальностей, выпущенных в 2018 г., отсутствует системный подход и ряд требований, например, подготовка в области диагностики на гидростанциях имеется, а для ТЭС, ГРЭС такие специалисты не планируются. В области монтажа, наладки, ремонта и диагностики чтение каких-либо курсов на многих специальностях не проводится. Например, для турбинистов исчезли курсы по технологии турбиностроения, монтажа и наладки оборудования, исчезли отдельные лаборатории и многое другое.

• **Фирмы по ремонту перестали приглашать студентов на ремонтную практику.** На современных предприятиях редко предусматриваются мероприятия для практики специалистов. Раньше, попадая на будущие рабочие места, студенты знакомились как с проблемами, так и с дополнительными требованиями в подготовке. Обычно в процессе обучения мало уделяется внимания, например, знаниям нормативной базы, тонкостям работы, конструирования или сборки и ремонта оборудования, работы с дорогими пакетами, применяемыми при проектировании. В каждом направлении в технике имеются нюансы, которые не передаются в книгах, и редко излагаются в статьях в полном объеме. Больше всего сложной и нестандартной информации передается при взаимном контакте специалистов. Однако разрыв поколений и утрата научных школ приводит к информационному разрыву. В

свое время студентов «МЭИ» и других вузов ремонтные тресты МЭР, ЦЭМ, ЦКБ «Энерго» приглашали после 4 курса на летние ремонты. Будущие специалисты на таких практиках под руководством мастера участвовали в разборке и сборке турбин, котлов, генераторов, теплообменного и прочего оборудования. Изучали дефекты, видели, как их устраняют, постигали тонкости сборки цилиндров и роторов. Где эти фирмы сегодня? Исчезли в результате перестройки.

Предложение: Следует восстановить в энергетических и машиностроительных институтах технологические, эксплуатационные и ремонтные практики в полном объеме.

1.3. Отсутствие в РФ вузовской подготовки специалистов по монтажу, ремонту, наладке и диагностике ЭО.

Ни один вуз сегодня не готовит специалистов по таким важным направлениям как монтаж, ремонт, наладка и диагностика. Программы обучения не только не соответствуют реалиям сегодняшнего дня, в результате чиновничьего беспредела и молчаливого согласия вузов программы обучения стали бессистемными, урезанными и лишенными важнейших позиций в области современного турбиностроения. А воспроизводство высокотехнологичных специалистов в условиях конкуренции и при новых экономических условиях практически стало невозможным. Дефицит специалистов, особенно высокой квалификации стал неизбежен. На сайте концерна «Росэнергоатом» объявлены десятки вакансий специалистов по механической наладке тепломеханического и электрического оборудования.

В то же время, например, студентам старших курсов НИУ «МЭИ» по специальности «Турбиностроение» не читаются сегодня лекции ни по монтажу и ремонту ЭО, ни по надежности энергетических установок, ни по технологии изготовления турбин, ни по наладке и диагностике ЭО. Будущие специалисты не получают представления ни о центровке турбоагрегатов, ни о балансировке. Традиционно инженеры — механики по турбинам обеспечивали долгие годы не только балансировку роторов турбин и крупных насосов, но также балансировку генераторов и возбuditелей. Но сегодня будущие специалисты не получают представления о динамических особенностях этих машин. А на кафедрах, где готовят специалистов по электрическим машинам, всегда была слабой теоретическая база по вибрации и наладке и тем более по вопросам взаимодействия генератора с турбиной.

Предложение: Открыть в ведущих двух, трех вузах, прежде всего в НИУ «МЭИ», где инфраструктура позволяет найти преподавательские кадры, новые направления по ряду специальностей, чтобы обеспечить подготовку для основных цехов ТЭС и АЭС — котлотурбинного, электрического и цеха наладки специалистов (инженеров), например, по направлениям: «Монтаж и ремонт ЭО», и «Наладка и диагностика ЭО».

1.4 Кадровое обеспечение электростанций.

Кадры, как известно, решают все. По оценке амери-

канских специалистов отдача средств, вложенных в повышение квалификации кадров, дает значительно больший эффект, чем вложение в новое оборудование. У нас многие специалисты, выполняющие сегодня ремонтные или диагностические работы на ТЭС и АЭС, случайные люди. Некоторые нигде не изучали ни турбин, ни тем более сложных тепломеханических процессов. Количество и объемы курсов повышения квалификации после исчезновения ремонтных трестов резко сократилось. Раньше преподаватели «МЭИ» по несколько раз в год выезжали на различные ТЭС и АЭС, делали сообщения о методах снижения вибрации, повышения экономичности, надежности, а также информировали о последних достижениях науки и технологий.

Участие в совещаниях различных уровней выявило в последние годы такие казусы: заместитель главного инженера по ремонту одного из холдингов путает центровку и станочную балансировку. Технический менеджмент не знает, какие силы действуют в турбине и как они передаются. Один из главных инженеров, проработав много лет начальником турбинного цеха, не знает, как устроен упорный подшипник типа «Кингсбери» и т. п. Тридцать лет тому назад такое невозможно было даже представить. Диагност турбинного цеха одной из АЭС просит прочитать лекции по турбинам, так как никогда их не изучал. Практически исчезли специалисты по балансировке в концерне «Росэнергоатом» (РЭА). На отдельных станциях месяцами не могут справиться с простыми проблемами. Например, на одной из АЭС вместо того, чтобы вначале балансировать генератор, как следует из данных вибрации при пуске, пытались балансировать более легкий возбудитель. На ряде ТЭЦ месяцами устраняли низкочастотную вибрацию (НЧВ). А на одной из ГРЭС уже годами борются с НЧВ на турбинах ХТЗ. В результате балансировки и наладки растягиваются на много месяцев, а то и на годы с соответствующими экономическими потерями. Вместо того, чтобы пригласить, как раньше, лучших в стране специалистов, на них сегодня «экономят» и пытаются своими силами справиться с проблемами.

Вред тройной:

- длительные наладки и значительные финансовые потери;
- свои специалисты решают проблемы методом «тыка», слабо иногда понимая, что происходит в турбине;
- серьезные специалисты постепенно вымываются, так как их знания не используются и опыт не передается.

В то же время один лишний пуск на крупном турбоагрегате многократно превышает все расходы, которые понадобились бы на оплату приглашенного квалифицированного специалиста. Есть примеры из смежной, еще более богатой отрасли, когда на простом газоперекачивающем агрегате делали по тридцать и более балансировок.

Очевидно, что специалисты по наладке и диагностике турбоагрегатов, котельного и электротехнического

оборудования должны готовиться на известных кафедрах и прием на такие специальности должен быть ужесточен. Объем и содержание информации, сообщаемой в процессе подготовки таких специалистов, требуют, прежде всего, хорошей школьной физико-математической подготовки, глубоких знаний математики, физических процессов, происходящих в машинах, термодинамики, механики материалов и теории колебаний, теории вероятностей и надежности и прочего.

В последние тридцать лет существенно обновилась технологическая база ремонта и наладки, появились новые более совершенные методы измерений и диагностики. Однако современного инструмента и приспособлений, по-прежнему, не хватает, и многое делается по старинке. Так, например, технология балансировки, по существу, была разработана 50 лет тому назад. Методы центровки роторов по полумуфтам также устаревшие. На курсах повышения квалификации в НИУ «МЭИ» пытаются внедрить новые программы обучения и предложить новые технологии наладки и ремонта, основанные на более глубоком изучении динамических свойств сложной системы «турбоагрегат-фундамент».

Но предложенных мер недостаточно для решения проблемы подготовки специалистов. Написать более полную программу недостаточно, необходимо обеспечить ее реализацию квалифицированными специалистами.

2. Кадровое обеспечение вузов. Реорганизация обучения в вузах по направлению «энергетическое машиностроение»

В этой части имеются еще более серьезные проблемы, которые появились в результате некорректной реорганизации государственного управления. Наряду с бессмысленным разделением подготовки специалистов на бакалавров и магистров, Министерство науки и высшего образования много лет продолжает уничтожение известных кафедр. Откуда появятся, например, специалисты по наладке и вибрации энергетических установок, если заказов от промышленности мало, а Госбюджетных научных ставок лаборантов, инженеров и научных сотрудников на кафедрах тоже нет. Исчезли и продолжают исчезать целые научные школы. Идет одностороннее обучение.

Например, сомнительно, что при количестве 8 или даже 10 преподавательских ставок, выделенных «сверху» кафедре Паровых и газовых турбин НИУ «МЭИ», можно обеспечить качественную подготовку студентов по направлению, в котором требуются специалисты по более чем двум десяткам систем. Раньше только отдел газодинамики имел не менее 8 ставок преподавательского состава, а в целом кафедра имела около 30 ставок преподавателей. Большинству молодых преподавателей при нынешней нагрузке не хватает времени на полноценное участие в научных исследованиях, даже когда им предлагается «проторенный» предшественниками путь.

Сокращение и омоложение состава производится в

ряде случаев тупиковыми методами. Цель — формально поднять в вузах среднюю зарплату. Профессора и доценты, которые отдали десятилетия жизни своим научным направлениям, вдруг вынуждены уходить в результате сокращения или переходить на 0.1–0.2 ставки, в то время как в прежние годы профессор, читая курс и проводя по нему практические занятия, остальное время посвящал развитию своего направления, писал учебники и руководил аспирантами, получая высокую зарплату. Сейчас же все, кому исполнилось 70 и больше, унижены переходом на 0.1 ставки, часто продолжая работу в прежнем объеме. При этом других профессоров за ними нет и передавать опыт младшему поколению некому. И еще, что важно, на многих кафедрах исчезла научная среда, редко бывают защиты диссертаций и обсуждение научных проблем, как это было в доперестроечное время, руководители живут финансовыми проблемами и интересами. В результате исчезают не только школы, но и качественные диссертации и падает общий уровень подготовки специалистов. Эти процессы наблюдаются во многих ведущих вузах России.

Предложение: Необходимо вернуть уважение к профессорско-преподавательскому составу Высшей школы, восстановить численность кафедр и оплату труда преподавателей в соответствии с задачами, которые необходимо сегодня решать в энергетике. Следует изменить стандарт образования. Убрать бессмысленную планку, определяющую количество преподавателей количеством студентов. Сидит в аудитории 5 студентов или 50 качество знаний и количество передаваемых знаний в области техники от этого не может зависеть. Нужно пересмотреть паспорта специальностей, которые должны утверждать не менеджеры высшей школы, а ведущие конструкторы заводов — изготовители продукции. Необходимо оснастить высшую школу современными научными стендами. В области машиностроения стоимость лабораторных стендов на два порядка выше, чем стоимость стендов в области связи, радио, телевидения, электроники. А затраты энергии выше на несколько порядков. Поэтому в образовательном стандарте машиностроительных специальностей следует особое внимание уделить возможности участия студентов старших курсов в экспериментах на промышленных предприятиях путем прохождения специальной практики на основе интеграции науки и промышленности.

Особо в последние годы в реорганизации образования отличился Ленинградский политехнический университет им. Петра Великого. Там ликвидированы кафедры — главные ячейки подготовки и воспроизводства кадров, как высшей квалификации, так и нужной специализации. Произошел слом устоявшихся за сотни лет форм и традиций, а взамен предложены сомнительные и непроверенные формы организации учебной и научной работы. Школы и научные коллективы складывались годами вокруг талантливых и активных ученых. Представление о том, что можно на два-три года собрать произвольный научный коллектив и решить серьезную задачу путем выполнения гранта и таким

образом поддерживать Российскую науку, совершенно ложное. Грантовая система финансирования науки может быть лишь дополнением к постоянной и системной научной работе, финансируемой государством и планируемой вузами совместно с промышленностью. Бессистемно и случайным образом за отдельные нерешенные или, скорее, заранее решенные задачи, оформляются гранты. А рядом направление, которое не самое доходное, но нужное для продолжения дела, гибнет. В результате, то, что раньше было решено и годами наработано, перестает поддерживаться и теряется компетентность в некоторых вопросах. Только руководитель работ знает, чем нужно заниматься сегодня в первую очередь. А это возможно только при постоянном финансировании и подпитке научного коллектива. Ликвидация кафедр приведет к полной деградации подготовки специалистов по направлениям. Вместо того, что бы учить тому, чему надо, будут учить тому, чему смогут. Результат действий сверху сегодня известен. Армия талантливых молодых людей вместо того, чтобы посвятить себя тяжелому, но интересному научному труду, не приходит в аспирантуру, не хочет напрягаться с неизвестными последствиями, а уходит в бизнес или, что еще хуже, покидает пределы родины, а их место занимает более слабый контингент, который набирается в соответствии с планом и который не повысит планку научных достижений.

Предложение: В каждой отрасли необходимо обеспечить финансирование науки, как в Советское время, путем постоянного отчисления двух процентов от стоимости продукции или четырех процентов от прибыли в соответствующие научные фонды, к которым прикреплены вузы и в которых реализуются отраслевые программы.

Риски Высшей школы и промышленности начинаются из-за низкого качества школьного образования. Серьезные проблемы возникают при подготовке выпускников средней школы. Абитуриенты в вузы приходят все хуже и хуже, а готовить их должны все лучше и лучше. Выпускники школ из-за клипового мышления сегодня не могут воспринимать органично, как в прежние годы, такие курсы, как математика, гидроаэромеханика, механика материалов, теория надежности и др. А из-за низкой стипендии бакалавры не хотят идти в магистры, находят уже на младших курсах работу и, тем самым, ставится под угрозу подготовка квалифицированных специалистов и существование всей высшей инженерной школы. Сегодня у молодых специалистов отсутствует, например, понимание сложных физических процессов в многоопорных роторных системах, в процессах, которые происходят при прогреве и нагружении сложных конструкций.

Предложение: Необходимо срочно вернуться к обычным экзаменам для тех, кто хочет связать свою судьбу с инженерно-техническими специальностями. Вузы должны вернуться к подготовке инженеров. Бакалавры, как правило, могут быть использованы в качестве промежуточного звена на низкоквалифицированных вспомогательных и простых инженерных работах.

Необходим массовый переход на трехсторонние договора со студентами. Студенту необходимо от фирмы платить стипендию, не меньше, чем при обучении в трамвайном депо, а учиться он должен, не покладая рук. При этом он будет знать, где и с чем будет работать. Кроме того, необходимо резко увеличить численность вечернего отделения для желающих пройти платное переобучение или дообучение. Тогда и кафедры, может быть, выживут.

3. О ремонтных формулярах и организации ремонтных работ

Из кадровых проблем вытекает ряд технических и экономических. 50 лет тому назад специалисты трестов Московского ЦКБ «Энергоремонт» и его Харьковского филиала, а также треста ОРГРЭС разрабатывали технологическую документацию по вопросам ремонта, новые технологии и обосновывали ценовые затраты на ремонт. С тех пор цены выросли многократно, но реально сегодня на капитальный ремонт выделяются часто ничтожно малые суммы, которые потом многократно вырастают из-за аварийных ремонтов и непривлечения профессионалов. Кроме того, для ряда новых технологий в старых ценниках, на которые до сих пор опирается менеджмент электростанций, нет сведений о себестоимости их выполнения. А разработка новых современных приспособлений для ремонта турбоагрегатов практически затормозилась.

Из-за отсутствия системного подхода в области ремонта и в результате развала ремонтных трестов случаются казусы. Например, аудит технического состояния ряда станций и анализ ремонтных формуляров обслуживания показал, что заводы до сих пор назначают в чертежах лишь некие средние зазоры в уплотнениях турбин, генераторов, в том числе в маслозащитных кольцах, а детальные формуляры должны разрабатываться специализированными ремонтными структурами. В связи с их отсутствием в некоторых новых турбинах и генераторах установлены некорректные зазоры при сборке деталей и узлов, назначенные без учета всплытия ротора и других факторов, что приводит к задеваниям, прогибам роторов и прочее. В старых книгах по подшипникам величина всплытия шеек роторов указывается порядка 50 мкм, что некорректно. В работах НИУ «МЭИ» и ОАО ВТИ давно было показано, что всплытие шеек роторов в крупных турбинах и генераторах составляет около 350–550 мкм. Это подтверждают современные многочисленные данные измерений на цапфах диаметром 400 мм и более [1, 2]. Величина всплытия цапфы в расточке крупного эллиптического подшипника вверх и влево, если смотреть со стороны регулирования на генератор, составляет около 0,5 мм, а суммарный вектор смещения по амплитуде достигает 0,7 мм и более. Кроме того, имеют место вибрация цапфы и ошибки сборки, перекосы, теплосиловые деформации — переменные при пуске и постоянные после прогрева и перемещения статорных элементов. Следовательно, чтобы гарантировать отсутствие задеваний,

необходимо в уплотнениях при сборке устанавливать минимальный зазор в направлении наибольших взаимных статических и динамических смещений ротора и статора не менее 0,8–0,9 мм. С противоположной стороны его можно назначить величиной 0,05–0,1 мм.

Для решения сформулированных проблем и восстановления системного подхода необходимо во всех крупных Холдингах создать Экспертные советы для рассмотрения назревших вопросов, с привлечением квалифицированных и действующих ученых и специалистов вузов и НИИ и обеспечить их в рамках таких советов постоянной работой, в том числе по повышению надежности. Еще эффективнее создать единый экспертный совет при системном операторе или совете производителей энергии, чтобы в него вошли крупные специалисты вузов, электростанций и заводов для решения общих назревших проблем. Так, например, из-за отсутствия квалифицированных кураторов технического блока Минэнерго «Правила технической эксплуатации...» в очередной раз выходят даже без упоминания датчиков вала, хотя соответствующие ГОСТы по оценке вибрации шеек роторов за 50 лет пережили шесть изданий.

Уничтожение ремонтных трестов привело к отсутствию системного подхода к ремонтным структурам, как части энергетических систем. Все другие структуры (генерация, управление) — объединены и организованы. А многие ремонтные структуры разделены, разрознены на мелкие части и не имеют фактически ни технической, ни организационной управляемости. Из-за частой смены специалистов через 8–10 лет на ТЭС снова возникают когда-то уже решенные проблемы.

Желательно для выработки единой ремонтной политики и разработки нормативно-правовой и нормативно-технической документации все ремонтные структуры объединить в саморегулируемую организацию (СРО) по ремонту тепломеханического и электротехнического оборудования. На станциях следует организовать получение статистических данных по надежности и способам решения проблем. А для сбора и обобщения этих данных в масштабах России должна быть восстановлена госструктура типа Главтехуправления при Минэнерго, которая бы обслуживала и контролировала техническую политику как генерации, так и заводов-изготовителей и крупных ремонтных структур по вопросам совершенствования ЭО в интересах государства.

Примечание: Организация типа СРО помогла бы объединить усилия в решении однородных задач и проблем, повторяющихся на многих электростанциях, принять участие в разработке новых технологий и цен на ремонтные работы. Этой же организации можно поручить системную подготовку квалифицированных кадров для ремонта, наладки и доводки ЭО. Кроме того, за 30 последних лет возникла масса научно-технических вопросов в области ремонта, диагностики и наладки, особенно современного оборудования. Однако вопросы решаются медленно без участия специалистов высокой квалификации в связи с их вырождением.

4. Организация ремонта и его финансирование

Как известно, 1 день непланового простоя мощного турбоагрегата из-за ошибок или недостатков ремонта и эксплуатации суммарно исчисляется величинами порядка миллиона долларов без учета сопутствующих вторичных косвенных потерь, которые в ряде случаев превышают первичные. И, кажется, повышение надежности, да и экономичности критического оборудования должно стать главным инструментом и стимулом к финансированию ремонта. Суммы расходов на ремонт должны определяться, исходя из требований нормативной документации в части объемов и качества ремонта и наладки. Однако многие фирмы сегодня экономят на капитальных и текущих ремонтах. Примеров этому достаточно. В результате часто после капитального ремонта текут котлы, отказывают, вдруг, насосы, появляется вибрация даже на тех турбинах, на которых ее, как правило, раньше не было и прочее.

Предложение: Необходимо на уровне государства узаконить нормативы финансирования объемов ремонтных работ.

4.1. Переход на ремонт по техническому состоянию.

Переход на ремонт по техническому состоянию плохо подкреплён системами диагностирования и наличием статистических данных по надежности. Системы мониторинга не позволяют сегодня дать качественные прогнозы по техническому состоянию или исчерпанию ресурса. Кроме того, в силу особенностей оборудования имеет место очень большой статистический разброс по повреждениям [3]. В таких объектах ТЭС, как котел, невозможно выявить все дефекты, пока его не остановят и не осмотрят. Статистику дефектов по всем видам оборудования никто сегодня не ведет, а системы, которые их выявляют в котлах, турбинах и прочем оборудовании в нужном объеме, пока нет. В турбоагрегатах хорошая вибрация в точках контроля не всегда является свидетельством хорошего ремонта. На некоторых типах турбин при нормальном уровне вибрации при стандартном подходе невозможно выявить некоторые скрытые дефекты или поломки. Имеется много случаев, когда поломки случаются при вибрации в пределах норм ПТЭ. Только очень опытный специалист-диагност, анализируя спектры, видит, что разрушены болты крепления бугелей подшипников или болты полумуфта, или уже имеется трещина в роторе. Таким образом, переход на ремонт по техническому состоянию в полной мере возможен только после создания совершенных систем диагностики ЭО [1, 4].

Предложение: Необходимо развивать и совершенствовать системы технической диагностики по всем основным критическим видам оборудования. Следует создать рабочую группу для координации работы разрозненных групп разработчиков путем разработки стандарта и единых нормативно-технических требований к системам.

4.2. О финансировании систем мониторинга и диагностики технического состояния:

Сегодня имеется много фирм — разработчиков си-

стем мониторинга технического состояния. Но даже в Атомной отрасли не выполняется и не применяется в полной мере новый ГОСТ Р 55263-2012. Часто фирмы делают то, что умеют, а не то, что требуется сегодня. При высоком уровне IT решений совершенно недостаточны технологические решения в области **мониторинга и диагностики технического состояния** и поэтому эффект применения при ремонте результатов анализа технического состояния ЭО с помощью таких систем минимален. Это связано в значительной степени с отсутствием финансирования НИОКР в этой части. Кроме того, сколько станций, столько разных технических заданий на системы. Многие технические задания достаточно слабые. Более того, отдельные системы дискредитируют разработчиков этого важного направления.

Предложение: Необходимы многоплановые и системные НИР по созданию и отработке новых решений в области мониторинга и диагностики технического состояния ЭО. К разработке систем необходимо привлекать и финансировать те фирмы, которые имеют солидные научные наработки в данной и/или смежной областях.

Но главный путь решения проблем повышения надежности: Создание сервисных центров Мониторинга и Диагностики технического состояния (ЦМДТС). Это дает:

- Решение проблемы квалифицированной помощи и роста квалификации обслуживающего и ремонтного персонала ТЭС.
- Создание центров с удаленной диагностикой и мониторингом обеспечит системные наблюдения за всеми важнейшими процессами в оборудовании. При этом возникнет возможность получения статистического обобщения такой информации.
- Обеспечение полноценного сервиса выпускаемого заводами оборудования.
- Возможность подготовки и обучения квалифицированных кадров в области диагностики технического состояния, как в среде разработчиков, так и в среде пользователей.
- На базе таких центров можно эффективно использовать в режиме удаленного доступа или видеоконференций институт Экспертов — сейчас это случайный и редкий процесс.

От поставщиков систем мониторинга технического состояния надо требовать в ТЗ не только то, что они предлагают, а то, что можно сегодня получить от этих систем для ремонта — своевременные предсказания появления первичных дефектов, развития тех или иных событий и автоматическую оценку технического состояния.

Пример: Рассмотрим ЦМДТС на ТЭС «Ла Козелла» (Владелец — полугосударственная компания «Энель», Италия). На сервере сегодня хранятся данные за 18 лет по всем турбинам, насосам, вентиляторам, включая формуляры ремонта и сборки. Всего в «Энель» около 150 турбоагрегатов различного класса, разбросанных на десятках ТЭС по всей Италии. За ними следят около 10

диагностов. Задача диагностов контролировать и формулировать ремонтному персоналу задачи на основании экспертных сообщений системы. Также можно получить в режиме реального времени для любого агрегата все характеристики в контрольных точках при пуске-останове и эксплуатации, при возникновении событий или отклонений от режимов. На сервере фиксируется в электронном виде и обобщается вся ремонтная техническая документация, доступная любым независимым квалифицированным специалистам, принимающим участие в сервисе и ремонте оборудования. Но даже сегодняшние системы, применяемые в Италии и Германии, не всегда обеспечивают высокую надежность. Бывают сбои. Несколько лет тому назад из-за отрыва керамических плиток камеры сгорания в ГТУ мощностью 270 МВт разрушения проточной части происходили всю ночь. Только под утро автоматика заметила аварию. Видимо, уставки по вибрации были завышены. Газовая турбина находится в хорошо изолированном от шума боксе. А на БЩУ дежурит не более двух человек. Причины аварии — конструктивные недостатки.

4.3. Экономия на шефском персонале недопустима.

На ТЭС и ГРЭС в последние годы стали экономить на шеф-инженерах заводов-изготовителей. Раньше на станции приезжали опытный и молодой шефы вместе. Теперь из-за экономии на договорах шеф-инженер приезжает на ГРЭС без молодого помощника, которому еще учиться надо. В результате из-за смены поколений все меньше квалифицированных шеф-инженеров. Хорошие шефы не скоро вырастают. Они не только имеют, как правило, длительный опыт и хорошее образование. Они имели возможность расти, участвуя в известных энергетических стройках и ремонтах вместе с опытными товарищами и многочисленными специалистами отраслевых и учебных институтов.

Предложение: Следует узаконить присутствие шеф-инженеров на крупных генерирующих объектах. Экономия на шефском персонале недопустима.

5. Нельзя полностью полагаться на заводы

Если смотреть с точки зрения квалификации наладчиков в области энергетического оборудования, то сегодня наиболее квалифицированные кадры, знающие многие тонкости и особенности оборудования, сосредоточены прежде всего на заводах.

Но, несмотря на высокий уровень специалистов на предприятиях, регулярно возникают проблемы в области надежности. На заводах катастрофически не хватает квалифицированных специалистов в области вибрации и прочности. Раньше на каждом турбинном заводе было несколько специалистов по вибрации.

В результате на три турбинных завода РФ сегодня приходится несколько квалифицированных специалистов по вибрации. Для сравнения в фирме «Мицубиши» по словам руководства из 300 человек центра технической диагностики хорошо разбираются в вопросах вибрации 30.

Причины исчезновения специалистов общие. Энер-

гетическое оборудование, как высокотехнологичное, всегда создавалось с участием многих институтов. Заводы всегда работали совместно с многочисленными экспертами. Иногда эта работа нигде не фиксировалась, так как идеи и задачи рождались постепенно в тесном общении инженеров. Сейчас произошел значительный разрыв между наукой и производством. Общение между специалистами разных фирм почти прекратилось, а на конференциях редко рассматриваются результаты сложных наладок и решения проблем. Проблемы и аварии повсеместно скрываются. Нет общения — нет знаний — нет своевременного решения проблем.

Сервисные структуры на заводах-изготовителях до сих пор не развиты, хотя разговор о них идет 25 лет. Турбоагрегаты, например, 300 МВт, доводили в свое время в течение 20 лет. Многие крупные машины 500–800 МВт до сих пор остались недоведенными до необходимого технического уровня. Нет ни одной турбинной фирмы в мире, которая с первого раза может сделать абсолютно надежную машину, так как это сложная высокотехнологичная продукция. Но на заводы в крупных городах в последние годы приходят выпускники, которые не столько учились, сколько зарабатывали на хлеб. Разрушение связей специалистов сегодня почти необратимый процесс, восстановление возможно только с подъемом образования, организации обмена опытом и повышения квалификации и привлечения оставшихся единичных специалистов. Заводам также придется в ближайшие годы обращаться к вузам и оставшимся НИИ за помощью в решении научно-технических задач. Для воспроизводства высококвалифицированных наладчиков и специалистов по ремонту в вузах должны быть постоянные заказы промышленности и союз новых технологий и практики.

Предложение: Заводам в ближайшие годы необходимо решать вопросы подготовки кадров и обращаться к вузам за индивидуальной подготовкой специалистов в соответствии с постановлением правительства РФ от 21 марта 2019 г. № 302 «О целевом обучении по образовательным программам среднего профессионального и высшего образования ...». Заводы должны стать катализаторами поддержки научных направлений. В свое время кафедра Паровых и газовых турбин НИУ «МЭИ» построила мощную лабораторию (здание и экспериментальные турбинные установки) благодаря финансированию от Калужского турбинного завода. На базе этой лаборатории завод получил не только результаты научных исследований, но и кадры высшей квалификации.

6. Нельзя рассчитывать на западные поставки

Многие, особенно чиновники в правительстве, мало понимающие в технике, считают, что нам помогут западные технологии.

Во-первых, никто самое лучшее никогда не передаст. Во-вторых, в западном мире происходят многие, аналогичные нашим, негативные процессы. **Пример:** фирма GE никак не могла отбалансировать промвал на новой

одновальной ПГУ для Шатурской ГРЭС. Один специалист измеряет на станции, другой что-то на заводе в США рассчитывает и, в конце концов, через два месяца работы специалисты GE оказались в тупике. Вызвали специалиста из фирмы «Диамех-2000». Он за два дня все померил, просчитал и решил проблему значительно дешевле.

В-третьих, часто, все, что поставляется в России — это экспериментальные образцы оборудования, да еще за огромные деньги. Ремонт и обслуживание обходится нашим энергетическим фирмам в копейчку, но главное, смотри таблицу, где приведены инциденты с импортным оборудованием, западные поставки не отличаются надежностью. Из того, что стало известно технической общественности следует, что всего лишь за последние несколько лет наблюдается разрушение или потеря работоспособности большинства новых импортных машин.

Другие примеры: В 2016 г. в Италии на ТЭС «Ла Козелла» разрушилась проточная часть газовой турбины Сименс 270 МВт. Ранее на этой турбине разрушался неоднократно внутренний стяжной вал.

У Сименса несколько лет назад в Южном Уэльсе отрывались четырежды новые метровые лопатки последней ступени на новой ПТ для ПГУ. На этом основании Сименс предложил на новой ПГУ в Невинномысске

спилить лопатки последней ступени, пока не будет спроектирована новая ступень.

В 2015 г. на Среднеуральской ГРЭС произошло разрушение роторов газовой турбины ПГУ-450 GE до окончания подконтрольной эксплуатации в 72 часа. При этом наши специалисты близко к турбине не подпускались.

Так что импортные агрегаты в значительной степени не показывают необходимой надежности. При этом предельные уставки по среднеквадратичному значению (СКЗ) виброскорости на отключение для турбин и компрессоров GE составляют 21 мм/с против наших 11 мм/с.

А мы продолжаем покупать мощные энергетические установки на Западе.

Предложение: За те деньги, что потрачены на импортное оборудование, можно было поднять отечественное энергомашиностроение и довести его объемы до уровня, хотя бы, 1987 года. Не следует закупать импортного энергетического оборудования более 10–15%. Следует обеспечить доводку и производство новейших турбин, соответствующих или даже превышающих мировой уровень, как это было в СССР 35 лет тому назад. По ряду машин СССР занимал первое место в мире по надежности и экономичности. Например, атомные турбины 220 МВт на АЭС «Ловииса» (Финляндия).

Таблица. Аварийность зарубежной энергетической техники, поставленной в Россию

Table. The accident rate of foreign energy equipment supplied to Russia

№ п/п / No.	ТЭЦ, ГРЭС, АЭС / TPP, GRES, NPP	Турбина. Событие / Turbine. Event
1.	Кемеровская ТЭЦ, 2013 г. Kemerovskaya TPP, 2013.	Разрушение диска регулирующей ступени турбины Альстом на 9000 об/мин. Destruction of the turbine control stage disk. Turbine at 9000 rpm supplied by Alstom.
2.	ТЭЦ Джубга, 2014 г. TPP Dzhubga, 2014.	Разрушение т/а 100 МВт General Electric (GE)/ Destruction of fuel-supply system 100 MW General Electric (GE)
3.	Среднеуральская ГРЭС, 2015 г. Sredneuralskaya GRES, 2015.	Разрушение роторов газовой турбины ПГУ -450 GE при подконтрольной эксплуатации в 72 часа. Destruction of the rotors of a gas turbine PGU-450 GE during controlled operation at 72 hours.
4.	ТЭЦ г. Сочи, 2013-2015 гг. Thermal Power Plant in Sochi, 2013 – 2015.	Трижды разрушалась газовая турбина Сименс (произведена в Швеции). The Siemens gas turbine (produced in Sweden) was destroyed three times.
5.	Невинномысская ГРЭС 2014 г. Nevinnomysskaya GRES 2014.	Спилены лопатки последней ступени паровой турбины 150 МВт Сименс в составе ПГУ-450 для предотвращения аварии, так как на 4-х аналогичных турбинах Сименс в Англии уже произошел отрыв турбинных лопаток. The blades of the last stage of the 150 MW Siemens steam turbine as part of PGU-450 were cut to prevent an accident. By this time, on 4 similar Siemens turbines in England, the turbine blades already broke off.
6.	ТЭЦ, г. Сызрань, 2016 г. Thermal Power Plant, Syzran, 2016.	Задевания и разрушение лопаток последней ступени на газотурбинной установке PG6111FA*, 80 МВт (GE). Уставка по вибрации при этом превышает все мыслимые нормы 21 мм/с. Grazing and destruction of the last stage blades on the PG6111FA * gas turbine installation, 80 MW (GE). The vibration setpoint exceeds all conceivable norms of 21 mm / s.
7.	Новокуйбышевская ТЭЦ, 2016 г. Novokuibyshevskaya TPP, 2016.	Задевания и разрушение лопаток последней ступени на газотурбинной установке PG6111FA*, 80 МВт (GE). Grazing and destruction of the last stage blades at the PG6111FA * gas turbine installation, 80 MW (GE).
8.	Якутская ТЭЦ, 2013 – 2014 гг. Yakutsk Thermal Power Plant, 2013 – 2014	Одна из двух энергоустановок GE 25 МВт была возвращена ДЖИИ по причине неработоспособности. One of the two GE 25 MW power plants was returned to GE due to inoperability
9.	Ванкорская ГРЭС, с 2005 по 2015 гг. поставлено 10 агрегатов. Vankor State Regional Power Station, from 2005 to 2015 delivered 10 units.	Неустраняемые крутильные колебания турбоагрегата. GE расписалось в неспособности решить эту проблему. Fatal torsional vibrations of the turbine unit. GE signed an inability to solve this problem.

* MS 6111 FA

Выводы

1. Сформулированы основные организационные проблемы, которые необходимо решать для повышения качества эксплуатации и ремонта и снижения рисков возникновения аварий.

2. Предложены пути преодоления указанных проблем. В том числе предлагаются решения по важнейшему направлению — обеспечению энергетики современными квалифицированными кадрами.

3. Надо развивать свою науку и промышленность в области энергетики и интегрировать образование с наукой и производством.

4. Работа по повышению надежности оборудования ТЭС и АЭС должна вестись непрерывно. Ее интенсивность в последние годы ослабла. Причем большинство прикладных задач решаются независимо от типа и мощности турбин, следовательно, это общая задача энергетики и она должна решаться на государственном уровне в соответствии с отраслевыми программами.

Список использованных источников

1. Куменко А. И., Костюков В. Н., Кузьминых Н. Ю., Бойченко С. Н., Тимин А. В., Тетерин А. О. Разработка элементов системы мониторинга технического состояния турбоагрегатов ТЭС и АЭС // Теплоэнергетика 2017; 8: 14–23.

2. Куменко А. И., Костюков В. Н., Кузьминых Н. Ю., Тимин А. В. Использование датчиков положения вала для моделирования

расцентровок опор валопроводов турбоагрегатов. // Теплоэнергетика 2017; 9: 41–51.

3. Мурманский Б. Е. «Разработка, апробация и реализация методов повышения надежности и совершенствования системы ремонтов паротурбинных установок в условиях эксплуатации ...» Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.12 – «Турбомашины и комбинированные турбоустановки». УрФУ Екатеринбург 2016;: 457.

4. Наумов С. А., Крымский А. В., Липатов М. А., Скрабатун Д. Н. Опыт использования удаленного доступа и предсказательной аналитики состояния энергетического оборудования. // Теплоэнергетика 2018; 4: 21–33.

References

1. Kumenko A. I., Kostyukov V. N., Kuzminykh N. Yu., Boychenko S. N., Tymin A. V., Teterin A. O. Development of elements of the monitoring system of the technical condition of turbine units of thermal power plants and nuclear power plants. *Teploenergetika* 2017; 8: 14–23.

2. Kumenko A. I., Kostyukov V. N., Kuzminykh N. Yu., Timin A. V. The use of shaft position sensors to simulate the centering of the supports of the shaft lines of turbine units // *Thermal Engineering* 2017; 9: 41–51.

3. Murmansk B. E. "Development, testing and implementation of methods to improve the reliability and improve the system of repairs of steam turbine units under operating conditions ..." Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.04.12 – "Turbomachines and combined turbo-installations". UrFU Yekaterinburg city 2016;: 457.

4. Naumov S. A., Krymsky A. V., Lipatov M. A., Skrabatun D. N. Experience of using remote access and predictive analytics of the state of power equipment. // *Thermal engineering* 2018; 4: 21–33.



<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-218-224>

УДК 621.019

Классификация интегральных показателей оперативной эффективности работы объектов ЭЭС

Фархадзаде Э. М.*, Мурадалиев А. З., Абдуллаева С. А., Ашурова У. К.

Азербайджанский Научно-Исследовательский и Проектно-Изыскательский Институт Энергетики
пр. Г. Зардаби 94, г. Баку, Азербайджанская Республика

Поступила / Received 03.08.2020

Принята к печати / Accepted for publication 15.09.2020

Пагубность ориентации бизнеса лишь на экономическую эффективность со временем становится все более безусловной. Более того, количественная оценка интегральных показателей бизнеса, включающих комплексные показатели экономичности, экологичности и безопасности, становится гарантом от возможного банкротства [1]. В электроэнергетике вышеизложенное нашло отражение в трансформации понятия *оперативной эффективности работы* (ОЭР). ОЭР — это не только ставшая привычной оперативная экономическая эффективность, но и оперативные надежность работы и безопасность обслуживания. Такая трансформация не случайна. В электроэнергетических системах (ЭЭС) срок службы около 60% основного оборудования, устройств и установок превышает нормативное значение. Условимся называть такое оборудование «стартехами» (СТ). Повреждение этих СТ является основной причиной недопустимых системных аварий. В течение нормативного срока службы объектов ЭЭС предусмотрена количественная оценка лишь оперативной экономической эффективности. Оперативная (например, среднемесячная) надежность и безопасность не рассчитываются, так как гарантируются изготовителем. Однако, при завершении гарантийного срока комплексные показатели оперативной надежности работы и безопасности обслуживания, по-прежнему, не рассчитываются в связи с отсутствием соответствующей методической базы их оценки. Более того необходимо уметь рассчитать интегральные показатели ОЭР, отражающие фактические значения оперативных экономичности, надежности и безопасности, и тем самым существенно снизить риск ошибочных решений при выборе форм организации эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. В основе принимаемых решений находится сравнение этих интегральных показателей. Случайный характер изменения технико-экономических показателей (ТЭП) обуславливает случайный характер изменения интегральных показателей ОЭР. Рассмотрим новые методы и алгоритмы оценки целесообразности классификации интегральных показателей ОЭР СТ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Энергосистема, СТ, оперативность, эффективность, надежность, опасность, сравнение, риск, решение, многомерность, показатели

Адрес для переписки:

Фархадзаде Э. М.
Азербайджанский Научно-Исследовательский и Проектно-Изыскательский Институт Энергетики
пр. Г. Зардаби 94, г. Баку, Азербайджанская Республика
e-mail: elmeht@rambler.ru

Address for correspondence:

Farhadzadeh E. M.
Azerbaijan Scientific-Research and Design-Prospecting Institute of Energetic
AZ1012, Ave. H. Zardabi-94, Baku, Azerbaijan,
e-mail: elmeht@rambler.ru

Для цитирования:

Фархадзаде Э. М., Мурадалиев А. З., Абдуллаева С. А., Ашурова У. К. Классификация интегральных показателей оперативной эффективности работы объектов ЭЭС Надежность и безопасность энергетики. 2020. – Т. 13, №3. – С. 218 – 224.
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-218-224>

For citation:

Farhadzadeh E. M., Muradaliyev A. Z., Abdullayeva S. A., Ashurova U. K. [Classification of integral indicators of EPS operational efficiency]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2020, vol. 13, no. 3 pp. 218 – 224. (in Russian).
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-3-218-224>

Classification of integral indicators of EPS operational efficiency

Farhadzadeh E. M.*, Muradaliyev A. Z., Abdullayeva S. A., Ashurova U. K.

Azerbaijan Scientific-Research and Design-Prospecting Institute of Energetic
AZ1012, Ave. H. Zardabi-94, Baku, Azerbaijan

It becomes more and more obvious that focusing solely on economic efficiency is not a good strategy for business development. Moreover, a quantitative assessment of the integral operation indicators, including complex indicators of efficiency, environmental performance and safety, can help to protect a business against possible bankruptcy [1]. In the electric power industry, this is reflected in the modified concept of operational efficiency (OE). OE is not only the usual economic efficiency, but also operational reliability and safety. There is a good reason for such modification of the concept. In electric power systems (EPS), the actual service life of about 60% of the main equipment, devices and installations exceeds the rated value. We shall refer to such equipment as “overage facilities” (OF). The failure of such OF is the main cause of unacceptable system emergencies. During the rated service life of EPS, only a quantitative assessment of operational economic efficiency is performed. Operational reliability and safety (for example, the average monthly values) are not calculated, since they are guaranteed by the manufacturer. However, after the warranty period is over, operators still do not evaluate complex indicators of operational reliability and safety, since there is no methodology for their assessment. Moreover, it is necessary to be able to calculate the integral OE indicators which reflect the actual values of economic efficiency, operational reliability and safety. It can significantly reduce the risk of mistakes when choosing the methods for organizing operation, maintenance and repair. Then, decisions will be made based on comparing these integral indicators. The random nature of changes in technical and economic indicators (TEI) is determined by the random nature of changes in the integral OE indicators. The article presents new methods and algorithms for determining the feasibility of classifying the integral OE indicators of OF.

KEYWORDS: Power system, OF, operational efficiency, efficiency, reliability, hazards, comparison, risk, decision, multidimensionality, indicators

1. Актуальность проблемы. Возможность количественной оценки интегрального показателя ОЭР СТ относится к числу важнейших проблем ЭЭС. Решение этой проблемы позволяет перейти от качественной характеристики технического состояния стартеров к количественной, снизить риск ошибочных решений при организации их эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. С особой актуальностью эта проблема стоит перед мощными тепловыми электростанциями (ТЭС). Но возможность такой оценки — это лишь первый шаг, поскольку непременно возникает необходимость классификации интегральных показателей по заданному сочетанию разновидностей признаков. Например, имеется возможность оценить ОЭР ТЭС в целом, сопоставить ее с ОЭР других электростанций и решить соответствующие задачи. В то же время необходимо знать пути повышения ОЭР самой ТЭС, ее «слабые звенья», пути повышения эффективности системы технического обслуживания и ремонта, т. е. необходимо уметь оценить интегральный показатель ОЭР, вплоть до конкретных узлов многочисленных устройств и установок ТЭС.

Ну, а в чем сложность? Просто надо взять соответствующие этому узлу ТЭП и для них рассчитать интегральный показатель ОЭР (кажущаяся простота обманчива). Все правильно. Но поскольку интегральные показатели ОЭР есть случайные величины, то не исключается случайный характер наблюдаемого различия сопоставляемых оценок. Такая возможность для статистических параметров случайных величин хорошо известна и находит свое решение методами теории проверки статистических гипотез. Именно здесь и возникают основные трудности.

2. Постановка задачи. Дело в том, что существующие многочисленные параметрические методы оценки целесообразности классификации статистических данных основаны на сравнении параметров распределения этих данных и содержат ряд условий. А именно:

- предполагается известным закон распределения случайных величин;
- считается, что реализации однотипны, одномерны и многочисленны.

Но для ТЭП объектов ЭЭС ни одно из этих условий, как правило, не выполняется. Эти ТЭП, прежде всего, многомерны (иначе классификация была бы бессмысленной), независимы, а в результате классификации — малочисленны.

В [2] была решена эта задача для однотипных случайных величин на примере длительности простоя энергоблоков в аварийном ремонте. Интегральный показатель ОЭР СТ ЭЭС представляет собой результат синтеза возможных ТЭП, различающихся размерностью, масштабом, физической сущностью, способом оценивания. Достаточно отметить, что, как правило, используются среднемесячные значения возможных реализаций ТЭП.

В статье рассматриваются рекомендуемые метод и алгоритм оценки целесообразности классификации интегральных показателей ОЭР СТ ЭЭС по заданным разновидностям признаков, формализующих бенчмаркинг стартеров.

3. Методология оценки целесообразности классификации интегральных показателей. Напомним, что из ряда возможных интегральных (статисти-

ческих) показателей в [3] предложены два: среднее арифметическое значение $M^*[Π]$ и среднее квадратическое отклонение $σ^*[Π]$. Использование одного из них оказалось совершенно недостаточным для характеристики выборки рассматриваемых случайных величин. Воспользуемся этим предложением для нормированных (однотипных) реализаций ТЭП. Принято считать, что классификация статистических данных по заданной разновидности признака целесообразна, если целесообразна классификация, хотя бы по одному из рассматриваемых интегральных показателей.

Поскольку нормированные значения ТЭП характеризуют степень старения и не равны относительной величине срока службы, то из двух терминов «относительная величина срока службы» и «износ», второй термин, т. е. «износ» (Iz), оказывается более объективным. Расчет $M^*[Iz(Π)]$ и $σ^*[Iz(Π)]$ проводится по формулам:

$$M^*[Iz(Π)] = \sum_{i=1}^{m_p} Iz(Π_i) / m$$

где

$$Iz(Π_i) = \frac{Π_{i,max} - Π_i}{Π_{i,max} - Π_{i,min}} \quad \text{при } A=0$$

$$Iz(Π_i) = \frac{Π_i - Π_{i,min}}{Π_{i,max} - Π_{i,min}} \quad \text{при } A=1$$

$$σ^*[Iz(Π_i)] = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_p} [M^*(Iz) - Π_i]^2 / (m_p - 1)}$$

где $Π_{i,max}$ и $Π_{i,min}$ — соответственно наибольшее и наименьшее значения возможных реализаций среднемесячных значений ТЭП; A — индикатор направленности; m_p — число ТЭП.

Поскольку $M^*[Π]$ и $σ^*[Iz(Π)]$ статистически независимы [3], то целесообразно первоначально сопоставлять оценки $M^*[Iz(Π)]$ и лишь при условии случайного расхождения сравнивать оценки $σ^*[Iz(Π)]$.

3.1. Сравнение оценок интегральных показателей ОЭР для двух разновидностей j-го признака СТ. Оценка значимости разновидностей признаков объектов ЭЭС, формализованных в классификаторах, всегда интересовала специалистов и осуществлялась на основе критерия Стьюдента. Разновидности признака считались значимыми, если эмпирическое (э) значение статистики Стьюдента $t_э$ превышало ее критическое значение $t_α$ с уровнем значимости $α$. Этот критерий также имеет ряд математических допущений, которыми, как правило, пренебрегают. К отмеченным допущениям относятся:

- выборки должны осуществляться из нормально распределенной совокупности случайных величин;
 - средние квадратические отклонения выборок должны быть равны;
 - выборки должны быть независимыми.
- Нельзя не отметить также особенности применения

этого критерия — учитывается лишь ошибка первого рода, что увеличивает риск ошибочного решения. Все эти ограничения при использовании критерия Стьюдента свидетельствуют о необходимости проявления осторожности к принимаемым решениям, хотя бы потому, что возможные реализации ТЭП СТ относятся к многомерным случайным величинам.

Пример 1. В таблице 1 приведен ряд ТЭП ПГУ-400 за два последовательных месяца $j1 < j2$. В $j1$ -ом месяце проведен плановый ремонт, вследствие чего техническое состояние ПГУ-400 в $j2$ -м месяце улучшилось. Фактические значения ТЭП предварительно нами были проверены на безошибочность, взаимосвязь и представлены в виде относительных величин износа $Iz(Π_i)$ с $i=1, m_p$, где m_p — число расчетных ТЭП.

В иллюстративных целях для оценки характера расхождения $M^*[Iz(j1)]$ и $M^*[Iz(j2)]$ воспользуемся первоначально критерием Стьюдента. Эмпирическое (э) значение статистики Стьюдента для независимых выборок равно:

Таблица 1. Нормированные значения ТЭП ПГУ-400 за $j1$ и $j2$ месяцы

Table 1. Normalized values of TEI SGI-400 for months $j1$ and $j2$

N	Наименование ТЭП TEI name	Усл. обозн. Symbol	Месяцы months	
			j1	j2
1	Коэф. исполъз. ном. производительности Coefficient of use of nominal energy	$Iz(K_n)$	0.826	0,050
2	Расход ЭЭ в системе СН Energy consumption in system of ON	$Iz(Э_{CH})$	0.629	0,034
3	Коэф. исполъз. установл. мощности Coefficient of use of installed capacity	$Iz(K_p)$	0.127	0,036
4	Коэф. технического исполъзования Coefficient of technical use	$Iz(K_{и})$	0.863	0,025
5	КПД (брутто) Efficiency (gross)	$Iz(η_6)$	0.214	0,092
6	Тем-ра питательной воды Feed water temperature	$Iz(T_n)$	0.228	0,087
7	Тем-ра уходящих газов Flue gas temperature	$Iz(T_{yr})$	0.073	0,057
8	Вакуум Vacuum	$Iz(K_v)$	0.099	0,090
Интегральные показатели износа Integral wear indicators				
9	Среднее арифметическое значение Average arithmetic value	$M^*[Iz(Π)]$	0,382	0,059
10	Среднее квадратическое отклонение Average quadratic deviation	$σ^*[Iz(Π)]$	0,334	0,027

$$t_3 = \frac{|M_1^*[Iz(\Pi)] - M_2^*[Iz(\Pi)]|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^*[Iz(\Pi)]}{m_{n,2}} + \frac{\sigma_2^*[Iz(\Pi)]}{m_{n,1}}}} =$$

$$= \frac{|0,382 - 0,059|}{\sqrt{\frac{0,334^2}{8} + \frac{0,027^2}{8}}} = \frac{0,323}{0,112} = 2,88$$

Критическое значение статистики Стьюдента при числе степеней свободы $m_c = (2m_n - 2) = 14$ для односторонних гипотез и уровня значимости $\alpha = 0,01$ равно $t_{\alpha} = 3,5$, а для $\alpha = 0,05$ равно $t_{\alpha} = 2,37$.

Таким образом, наблюдаемое расхождение случайно для используемой на практике ошибки первого рода $\alpha = 0,05$ и случайно с риском ошибочного решения не более чем 2%. Эти результаты не учитывают факт планового ремонта, т. е. определенную зависимость выборок. Чтобы учесть этот фактор по [4]:

- рассчитаем среднее арифметическое значение разности реализаций $Iz[\Pi(j1)]$ и $Iz[\Pi(j2)]$. Оно равно $M^*[\Delta Iz(\Pi)] = 0,324$;
- определим среднее квадратическое отклонение m_n реализации $\Delta Iz(\Pi)$. Оно равно $\sigma^*[\Delta Iz(\Pi)] = 0,351$;
- рассчитаем эмпирическое значение статистики Стьюдента:

$$t_3 = \frac{M^*[\Delta Iz(\Pi)]}{\sigma^*[\Delta Iz(\Pi)] / \sqrt{(m_n - 1)}} = \frac{0,324}{0,351 / \sqrt{7}} = 2,44$$

Т. е. учет взаимосвязи выборок изменяет уровень значимости принимаемого решения для независимых выборок, но незначительно. Заметим также, что наличие взаимосвязи выборок, хотя и приводит к снижению эмпирической оценки статистики Стьюдента t_3 , но не изменяет риск ошибочного решения (2%).

Сопоставление оценок $\sigma^*[Iz(\Pi)]$ проводится по критерию Фишера, допущения которого во многом сходны. Эмпирическое значение статистики Фишера вычисляется по формуле [4]:

$$f_3 = \frac{\sigma_1^*[Iz(\Pi)]}{\sigma_2^*[Iz(\Pi)]}$$

при условии, что $f_3 > 1$, т. е. $\sigma_1^*[Iz(\Pi)] > \sigma_2^*[Iz(\Pi)]$ и равно $f_3 = 12,4$. Критическое значение $f_{\kappa,3}$ при $\alpha = 0,01$ равно $f_3 = 7$ и $f_{\kappa,0,01} < f_3$.

В [5] был предложен критерий, основанный на имитационном моделировании, фидуциальном подходе и теории проверки статистических гипотез. Этот критерий позволил преодолеть отмеченные выше особенности многомерных однотипных случайных величин. Предлагается применить этот критерий при оценке целесообразности классификации интегральных показателей. Заметим, что этот фидуциальный критерий может быть применен лишь к интегральным показателям однотипных, но многомерных и малочисленных случайных величин, подобных $Iz(\Pi)$.

При сопоставлении двух неслучайных выборок нормированных ТЭП двух установок СТ численностью m_1 и m_2 условимся, что:

- $m_1 \geq m_2$ соответствуют интегральным показателям $M_1^*[Iz(\Pi)]$ и $M_2^*[Iz(\Pi)]$;
- возможны два соотношения интегральных показателей $M_1^*[Iz(\Pi)] > M_2^*[Iz(\Pi)]$ и $M_1^*[Iz(\Pi)] < M_2^*[Iz(\Pi)]$;
- интегральные показатели $M_1^*[Iz(\Pi)]$ и $M_2^*[Iz(\Pi)]$ различаются случайно, если случайно различаются $M_1^*[Iz(\Pi)]$ от $M_2^*[Iz(\Pi)]$;
- случайным считается такое распределение $M_1^*[Iz(\Pi)]$ и $M_2^*[Iz(\Pi)]$, если одновременно:
 - * $M_2^*[Iz(\Pi)]$ входит в множество возможных реализаций $M_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]$, моделируемых по фидуциальному распределению $F_1^*[Iz(\Pi)]$ с уровнем значимости α ;
 - * $M_1^*[Iz(\Pi)]$ входит в множество возможных реализаций $M_{2,\beta}^{**}[Iz(\Pi)]$, моделируемых по фидуциальному распределению $F_2^*[Iz(\Pi)]$ с уровнем значимости β ;
- α и β — соответственно аналоги ошибок первого и второго рода;
- H , H_0 и H_1 — соответственно предположения (H) о случайном (H_0) и неслучайном (H_1) характере расхождения интегральных показателей $M_1^*[Iz(\Pi)]$ и $M_2^*[Iz(\Pi)]$.

Формализованный алгоритм фидуциального критерия имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} &\text{Если } M_1^*[Iz(\Pi)] > M_2^*[Iz(\Pi)] \text{ и} \\ &\overline{M_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]} > M_2^*[Iz(\Pi)] \text{ или если} \\ &\overline{M_2^*[Iz(\Pi)]} > \overline{M_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]} \text{ и } M_1^*[Iz(\Pi)] > \overline{M_{2,\beta}^{**}[Iz(\Pi)]} \\ &\text{то } H \Rightarrow H_1 \text{ иначе } H \Rightarrow H_0 \\ &\text{Если } M_1^*[Iz(\Pi)] < M_2^*[Iz(\Pi)] \text{ и } \overline{M_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]} < M_2^*[Iz(\Pi)] \\ &\text{или если } M_2^*[Iz(\Pi)] < \overline{M_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]} \text{ и} \\ &\overline{M_1^*[Iz(\Pi)]} < \overline{M_{2,(1-\beta)}^{**}[Iz(\Pi)]} \\ &\text{то } H \Rightarrow H_1, \text{ иначе } H \Rightarrow H_0 \end{aligned} \right\} (1)$$

где $\overline{M_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]}$ и $\overline{M_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]}$ — соответственно нижние и верхние граничные значения фидуциального интервала возможных реализаций $M^{**}[Iz(\Pi)]$, моделируемых выборок нормированных реализаций ТЭП объемом m_1 ; $\overline{M_{2,(1-\beta)}^{**}[Iz(\Pi)]}$ и $\overline{M_{2,\beta}^{**}[Iz(\Pi)]}$ — то же, но объемом m_2 .

С надежностью $R \geq 0,994$ эти граничные значения могут быть вычислены по формулам [3]:

$$\overline{M_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]} = M_1^*[Iz(\Pi)] \left(1 - \frac{c}{\sqrt{m_1}} \right) \quad (2)$$

$$\overline{M_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]} = M_1^*[Iz(\Pi)] \left(1 + \frac{c}{\sqrt{m_1}} \right) \quad (3)$$

$$\overline{M_{2,(1-\beta)}^{**}[Iz(\Pi)]} = M_2^*[Iz(\Pi)] \left(1 - \frac{c}{\sqrt{m_2}} \right) \quad (4)$$

$$\overline{M_{2,\beta}^{**}[Iz(\Pi)]} = M_2^*[Iz(\Pi)] \left(1 + \frac{c}{\sqrt{m_2}} \right) \quad (5)$$

где $c = 1,42; 1,13; 0,95$ при $\alpha = \beta = 0,01; 0,05; 0,10$.

Следует отметить, что, поскольку оценки $M_1^*[Iz(\Pi)]$ и $M_2^*[Iz(\Pi)]$ сопоставляются лишь с одним из граничных значений фидуциальных интервалов, то уровень значимости (относительное число неучитываемых реализаций $M_1^{**}[Iz(\Pi)]$ и $M_2^{**}[Iz(\Pi)]$) будет соответствовать значимости одностороннего интервала. На практике в этом случае используются вероятности α и β , равные 0,01; 0,05 и 0,10. Поскольку в соответствии с алгоритмом (1) требуется одновременная проверка двух условий с уровнем значимости α и β , то риск ошибочного решения будет не более 0,5 ($\alpha + \beta$).

Пример 2. Воспользуемся данными примера 1 для оценки целесообразности классификации интегральных показателей по заданным разновидностям признака, изложенным выше фидуциальным критерием. Поскольку $M^*[Iz(j1)]$ больше, чем $M^*[Iz(j2)]$, то в соответствии с алгоритмом (1) первоначально вычислим $M_{(1-\alpha)}^{**}[Iz(j1)]$, для $\alpha = 0,01$ и сопоставим с $M^*[Iz(j2)]$. Тогда

$$\overline{M_{(1-\alpha)}^{**}[Iz(j1)]} = M^*[Iz(j1)] \left(1 - \frac{c}{\sqrt{m_1}} \right) = 0,382 \left(1 - \frac{1,42}{2,83} \right) = 0,197$$

Поскольку $M^*[Iz(j2)] = 0,059 < \overline{M_{0,99}^{**}[Iz(j1)]}$, то с риском ошибочного решения существенно меньше 1% можно заключить, что различие сопоставляемых интегральных показателей не случайно, т. е. $H \Rightarrow H_1$.

Если сравнить результаты контроля характера расхождения оценок средних статистических значений реализаций ТЭП критериями Стюдента и фидуциальным, то можно заключить, что пренебрежение допущениями критерия Стюдента ведет к искусственному увеличению риска ошибочного решения.

Если же $H \Rightarrow H_0$, то вводим в рассмотрение контроль соотношения интегральных показателей $\sigma_1^*[Iz(\Pi)]$ и $\sigma_2^*[Iz(\Pi)]$. Алгоритм анализа характера их расхождения имеет вид, аналогичный (1):

$$\left. \begin{array}{l} 3. \text{Если } \sigma_1^*[Iz(\Pi)] > \sigma_2^*[Iz(\Pi)] \text{ и } \overline{\sigma_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]} > \sigma_2^*[Iz(\Pi)] \\ \text{или если } \sigma_2^*[Iz(\Pi)] > \overline{\sigma_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]} \text{ и } \sigma_1^*[Iz(\Pi)] > \overline{\sigma_{2,\beta}^{**}[Iz(\Pi)]} \\ \text{то } H \Rightarrow H_1 \text{ иначе } H \Rightarrow H_0 \\ 4. \text{Если } \sigma_1^*[Iz(\Pi)] < \sigma_2^*[Iz(\Pi)] \text{ и } \overline{\sigma_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]} < \sigma_2^*[Iz(\Pi)] \\ \text{или если } \sigma_2^*[Iz(\Pi)] < \overline{\sigma_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]} \text{ и } \sigma_1^*[Iz(\Pi)] < \overline{\sigma_{2,(1-\beta)}^{**}[Iz(\Pi)]} \\ \text{то } H \Rightarrow H_1, \text{ иначе } H \Rightarrow H_0 \end{array} \right\} (6)$$

В соответствие с [4]

$$\overline{\sigma_{1,(1-\alpha)}^{**}[Iz(\Pi)]} = \sigma_1^*[Iz(\Pi)] \frac{(m_1 - 1)}{\sqrt{\chi_{(1-\alpha),(m_1-1)}^2}} \quad (7)$$

$$\overline{\sigma_{1,\alpha}^{**}[Iz(\Pi)]} = \sigma_1^*[Iz(\Pi)] \frac{(m_1 - 1)}{\sqrt{\chi_{\alpha,(m_1-1)}^2}} \quad (8)$$

$$\overline{\sigma_{2,(1-\beta)}^{**}[Iz(\Pi)]} = \sigma_2^*[Iz(\Pi)] \frac{(m_2 - 1)}{\sqrt{\chi_{(1-\beta),(m_2-1)}^2}} \quad (9)$$

$$\overline{\sigma_{2,\beta}^{**}[Iz(\Pi)]} = \sigma_2^*[Iz(\Pi)] \frac{(m_2 - 1)}{\sqrt{\chi_{\beta,(m_2-1)}^2}} \quad (10)$$

Пример 3. Рассмотренные выше критерии с ошибкой не более 2% рекомендовали выбор гипотезы $H \Rightarrow H_1$, т. е. оценки $M_1^*[Iz(\Pi)]$ и $M_2^*[Iz(\Pi)]$ различаются неслучайно, что не вызывает сомнений, т. к. они различаются более чем в шесть раз. В свою очередь, такое совпадение свидетельствует об объективности критериев.

В иллюстративных целях оценим характер расхождения $\sigma_1^*[Iz(\Pi)]$ и $\sigma_2^*[Iz(\Pi)]$ соответственно $j1$ и $j2$ выборок. Поскольку $\sigma_1^*[Iz(\Pi)] > \sigma_2^*[Iz(\Pi)]$, то в соответствии с (6) вычисляем по формуле (7)

$$\overline{\sigma_{1,0,99}^{**}[Iz(\Pi)]} = \frac{0,334 \cdot 7}{\sqrt{4,3}} = 0,51.$$

Поскольку $\overline{\sigma_{1,0,01}^{**}[Iz(\Pi)]} \geq \sigma_2^*[Iz(\Pi)] = 0,027$, то $H \Rightarrow H_1$. Следует отметить, что несмотря на громоздкость формул (1 – 10) и кажущуюся трудоемкость, на самом деле решение достаточно лаконично, что подтверждают примеры расчета, а многочисленность и громоздкость формул обуславливаются многомерностью (многовариантностью) результатов сопоставления интегральных показателей. Если к тому же учесть возможность использования компьютерных технологий, то в возможной оперативности бенчмаркинга СТ сомневаться не приходится.

3.2. Оценка целесообразности классификации интегральных показателей по заданной разновидности r-го признака. Как было отмечено ранее, повышение эффективности работы СТ ЭЭС требует умения распознать «слабые звенья» и оценить воздействие условий эксплуатации на целесообразность выполнения диагностики технического состояния и ремонта. Для этого, в свою очередь, необходимо уметь оценить целесообразность классификации интегральных показателей СТ. Условимся, что интегральные показатели СТ рассчитаны по m_Σ нормированных реализаций ТЭП. Необходимо определить интегральные показатели по одной из заданных разновидностей r-го признака СТ, которая характеризуется m_r нормированными ТЭП.

Прежде всего, заметим следующее:

- решение поставленной задачи может быть выпол-

нено фидуциальным критерием, для которого $m_1 = m_\Sigma$, а $m_2 = m_v$;

- рекомендуемый способ основан на очевидном положении, в соответствии с которым степень расхождения ОЭР СТ и его объекта (например, энергоблока ТЭС и его котельной установки) полностью определяется степенью расхождения статистической функции распределения (с.ф.р.) нормализованных реализаций расчетных ТЭП стартера $F_\Sigma^*[Iz(\Pi)]$ и с.ф.р. нормированных ТЭП объекта $F_v^*[Iz(\Pi)]$. Вертикальное расхождение этих с.ф.р. вычисляется по формуле:

$$\Delta F_v^*[Iz(\Pi_i)] = \{F_\Sigma^*[Iz(\Pi_i)] - F_v^*[Iz(\Pi_i)]\} \quad (11)$$

В свою очередь, с.ф.р. $F_\Sigma^*[Iz(\Pi)]$ и $F_v^*[Iz(\Pi)]$ формируются путем размещения реализаций нормированных ТЭП в порядке возрастания и присвоения дискретным значениям $F_\Sigma^*[Iz(\Pi_j)]$ и $F_v^*[Iz(\Pi_j)]$, соответственно оценки j/m_Σ и i/m_v , где $j=1, m_\Sigma$ и $j=1, m_v$.

- традиционно степень расхождения с.ф.р. $F_\Sigma^*[Iz(\Pi)]$ и $F_v^*[Iz(\Pi)]$ оценивается на основе статистики Колмогорова-Смирного. Установлено, что для этой цели с успехом могут быть использованы также величина наибольшего вертикального отклонения $B_v^*[\Delta F^*(...)]$, среднее статистическое значение возможных реализаций вертикального отклонения $M_v^*[\Delta F^*(...)]$, их среднее квадратическое отклонение $\sigma_v^*[\Delta F^*(...)]$, размах $L_v^*[\Delta F^*(...)]$, коэффициент вариации $K_v^*[\Delta F^*(...)]$ и ряд других статистических показателей.

В предшествовавшем разделе эта неоднозначность была преодолена последовательным рассмотрением двух критериев, основанных на сопоставлении фактических и критических значений $M^*[Iz(\Pi)]$ и $\sigma^*[Iz(\Pi)]$, как в наименьшей степени взаимосвязанных показате-

телей. Предлагается вновь воспользоваться этой методологией, с той разницей, что будут сопоставляться последовательно:

- абсолютная величина наибольшего вертикального отклонения $B_v^*[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]$;
- среднее арифметическое значение m_v реализаций $\Delta F_i^*[Iz(\Pi)]$ с $i=1, m_v - M^*[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]$;
- среднее квадратическое отклонение m_v реализаций $\Delta F_i^*[Iz(\Pi)]$ с $i=1, m_v - \sigma^*[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]$.

Алгоритм оценки целесообразности классификации интегрального показателя имеет вид:

$$\left. \begin{array}{l} \text{если } B_v^*[\Delta F^*[Iz(\Pi)]] > \overline{B_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]}, \text{ то } H \Rightarrow H_1, \text{ END} \\ \text{если } M_v^*[\Delta F^*[Iz(\Pi)]] > \overline{M_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]}, \text{ то } H \Rightarrow H_1, \text{ END} \\ \text{если } \sigma_v^*[\Delta F^*[Iz(\Pi)]] > \overline{\sigma_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]}, \text{ то } H \Rightarrow H_1, \text{ END} \end{array} \right\} \quad (12)$$

где $\overline{B_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]}$, $\overline{M_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]}$ и $\overline{\sigma_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]}$ — граничные значения одностороннего фидуциального интервала возможных моделированных (**) реализаций абсолютной величины вертикального отклонения $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$ с уровнем значимости α соответственно для:

- максимальной величины $B_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]$ среди m_v реализаций $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$;
- среднего арифметического значения $M_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]$ m_v реализаций $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$;
- среднего квадратического отклонения $\sigma_{v,\alpha}^{**}[\Delta F^*[Iz(\Pi)]]$ m_v реализаций $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$.

Пример 4. В таблице 2 на основании данных таблицы 1 приведены результаты расчетов с.ф.р. $F_\Sigma^*[Iz(\Pi_i)]$, $F_v^*[Iz(\Pi_i)]$ и $\Delta F_v^*[Iz(\Pi_i)]$, а в приложении этой таблицы — экспериментальные значения статистик выборки реализаций $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$.

Таблица 2. Последовательность расчета статистической выборки реализаций $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$

Table 2. The sequence of calculating the statistical sample of $\Delta F^*[Iz(\Pi)]$ realizations

j	$F_\Sigma^*[Iz(\Pi_j)]$	$Iz(\Pi_j)$	$F_v^*[Iz(\Pi_j)]$	$\Delta F_v^*[Iz(\Pi_j)]$	Примечание Note
1	0,0625	0,025	0,125	0,050	$B_{v,\alpha}^*[Iz(\Pi)]=0,438$
2	0,1250	0,034	0,250	0,125	$M_{v,\alpha}^*[Iz(\Pi)]=0,257$
3	0,1875	0,036	0,375	0,188	$\sigma_{v,\alpha}^*[Iz(\Pi)]=0,13$
4	0,2500	0,050	0,500	0,250	
5	0,3125	0,057	0,625	0,313	
6	0,3750	0,073	-	-	
7	0,4375	0,087	0,750	0,313	
8	0,5000	0,090	0,875	0,375	
9	0,5625	0,092	1,000	0,438	
10	0,6250	0,099	-	-	
11	0,6875	0,127	-	-	
12	0,7500	0,214	-	-	
13	0,8125	0,228	-	-	
14	0,8750	0,629	-	-	
15	0,9375	0,826	-	-	
16	1,0000	0,863	-	-	

Следующим шагом в решении поставленной задачи является оценка критических значений расчетных статистик, т. е. $B_{v,\alpha}^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\}$, $M_{v,\alpha}^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\}$ и $\sigma_{v,\alpha}^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\}$ для уровня значимости, равного 0,05. Эти расчеты могут быть выполнены двояко:

- при наличии программного обеспечения автоматизированной системы контроля технического состояния СТ. Укрупненный алгоритм расчета распределений с учетом непараметрического характера $F^{**}[Iz(\Pi)]$ состоит из следующих этапов [5]:

- * стандартной программой моделируются m_v случайных чисел ξ с равномерным распределением в интервале $[0,1]$;
- эти m_v реализаций ξ размещаются в порядке возрастания;
- * формируется с.ф.р. $F_v^{**}[Iz(\Pi)]$;
- * рассчитываются m_v реализаций абсолютной величины вертикального расхождения $\Delta F_i^{**}(\xi) = |\xi_i - i/m_v|$;
- * вычисляются реализации $B_v^{**}[\Delta F^{**}(\xi)]$, $M_v^{**}[\Delta F^{**}(\xi)]$ и $\sigma_v^{**}[\Delta F^{**}(\xi)]$.

Эти четыре этапа повторяются N раз, где N — число итераций, обеспечивающих устойчивость критических значений расчетных статистик.

- * строится с.ф.р. возможных реализаций статистик. Заметим, что это распределение принято называть фидуциальным, а критические значения — граничными значениями фидуциального интервала. Эти граничные значения соответствуют $(1 - \alpha)N$ — порядковому номеру возможных реализаций статистик в соответствующих с.ф.р.

При этом $B_v^{**}\{\Delta F^{**}[(\xi)]\} = B_v^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\}$, $M_v^{**}\{\Delta F^{**}[(\xi)]\} = M_v^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\}$ и $\sigma_v^{**}\{\Delta F^{**}[(\xi)]\} = \sigma_v^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\}$.

- при отсутствии программного обеспечения расчета оценки граничных значений фидуциального интервала могут быть вычислены экспресс-методом. В частности установлено [5], что:

$$* B_{v,0,05}^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\} = 1,079 \cdot m_v^{-0,459} = 0,421$$

$$* M_{v,0,05}^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\} = 1,13 \cdot m_v^{-0,5} = 0,399$$

$$* \sigma_{v,0,05}^{**}\{\Delta F^{**}[Iz(\Pi)]\} = 0,428 \cdot m_v^{-0,54} = 0,137$$

Результаты расчетов с надежностью не менее 0,997 свидетельствуют о непредставительности выборки, т. е., например, нецелесообразности объединения данных $j1$ и $j2$ месяцев.

Заключение

1. Совершенствование количественного анализа оперативной эффективности работы СТ относится к наиболее актуальной проблеме ЭЭС. Решение этой проблемы предполагает возможность оценки интегрального показателя оперативной эффективности работы по среднемесячным данным технико-экономических показателей.

2. Случайный характер изменения среднемесячных

значений технико-экономических показателей обуславливает случайный характер интегральных показателей. Без учета этого факта риск ошибочного решения при сопоставлении интегральных показателей может быть недопустимо большим.

3. Однако применение традиционных методов и критериев проверки тех или иных предположений оказывается неприемлемым. Основной причиной этому является многомерность технико-экономических показателей и статистических свойств выборок.

4. Разработаны новые методы, основанные на имитационном моделировании, фидуциальном подходе и теории проверки статистических гипотез. Применение этих методов проведено для технико-экономических показателей газотурбинной установки 400 МВт.

5. Показано, что пренебрежение известными допущениями критериев проверки характера расхождения статистических оценок приводит к увеличению риска ошибочного решения. Фидуциальные критерии позволяют исключить эти математические допущения;

6. Применение рекомендуемых критериев способствует переходу от информационных к интеллектуальным системам, обеспечивающим методическую поддержку персонала.

Список использованных источников

1. Онлайн-конференция. Ответственный бизнес в решении глобальных задач. – РБК Тренды. <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ee8a4689a794786afd8ea61>
2. Фархадзаде Э. М., Фарзалиев Ю. З., Мурадалиев А. З. Оценка целесообразности классификации многомерных данных по заданному признаку. Киев, Электронное моделирование 2015; 2: 77 – 85.
3. Фархадзаде Э. М., Фарзалиев Ю. З., Мурадалиев А. З. Сравнение показателей усредненной и индивидуальной надежности оборудования электроэнергетических систем. М.; Электричество 2015; 12: 31 – 37.
4. Демин С. Е., Демина Е. Л. Математическая статистика: уч. метод. Пособие. Нижний Тагил, НТИ УФУ 2016;: 284.
5. Фархадзаде Э. М., Мурадалиев А. З., Фарзалиев Ю. З. Распределение выборки непрерывной случайной величины Киев, Электронное моделирование 2015; 6: 69 – 82.

References

1. Online conference. Responsible business in solving global problems. – RBK Trends. <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ee8a4689a794786afd8ea61>
2. Farhadzadeh E. M., Farzaliyev Y. Z., Muradaliyev A. Z. Assessment of the feasibility of classifying multidimensional data for a given criterion. Kiev, Electronic modeling 2015; 2: 77 – 85.
3. Farhadzadeh E. M., Farzaliyev Y. Z., Muradaliyev A. Z. Comparison of indicators of averaged and individual reliability of equipment in electric power systems. M.; Electricity 2015; 12: 31 – 37.
4. Demin S. E., Demina E. L. Mathematical statistics: uch. method. Benefit. Nizhniy Tagil, NTI UFU 2016;: 284.
5. Farhadzadeh E. M., Muradaliyev A. Z., Farzaliyev Y. Z. Distribution of a sample of a continuous random variable Kiev, Electronic modeling 2015; 6: 69 – 82.

ИНФОРМАЦИЯ

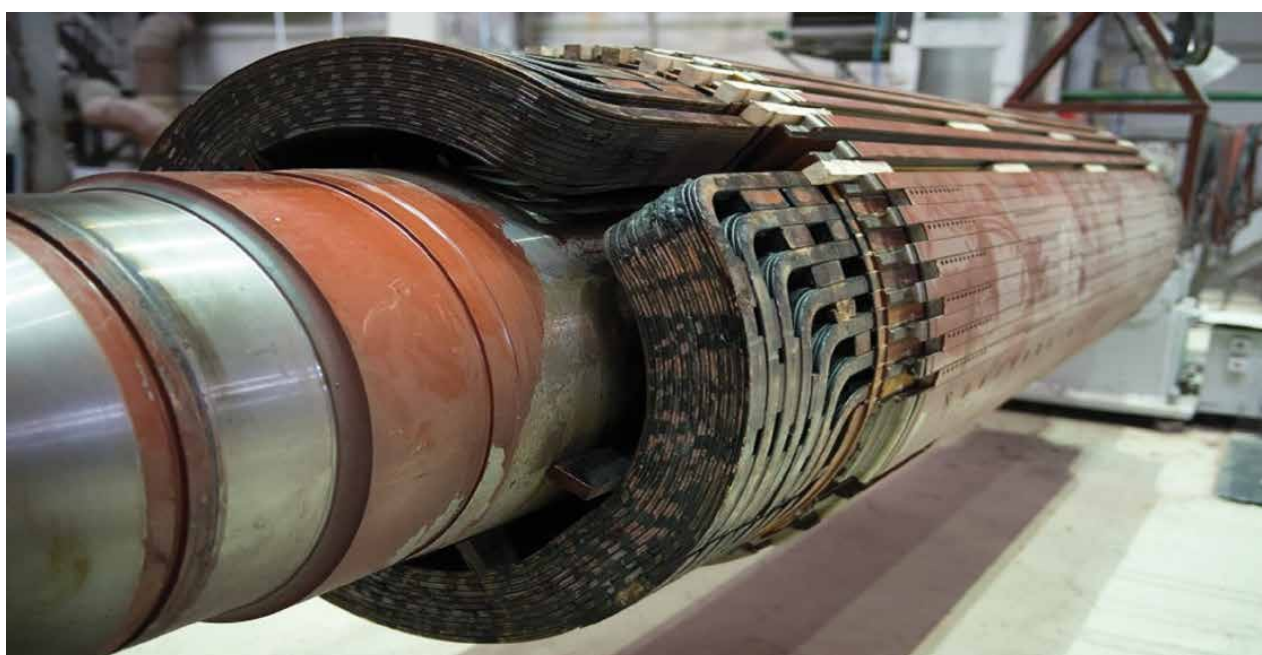
Международная научно-техническая конференция «ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ. НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ, РЕМОНТ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ»

В Санкт-Петербурге 22 – 26 ноября 2021 года состоится Международная научно-техническая конференция «Турбогенераторы. Надежность и безопасность эксплуатации. Диагностирование, ремонт, модернизация, продление срока службы».

Планируемые к рассмотрению проблемы:

1. Действующие нормативные документы по эксплуатации и ремонту турбогенераторов, необходимость их актуализации.
2. Анализ причин аварий и технологических нарушений в работе турбогенераторов.
3. Особенности конструкции современных турбогенераторов.
4. Оценка и управление техническим состоянием ТГ как составляющие управления производственными активами.
5. Организация, технологии и обеспечение качества ремонта турбогенераторов — важнейшие составляющие управления техническим состоянием.
6. Современные технологии определения ресурсных свойств и продление срока службы ТГ.
7. Техничко-экономические проблемы при выполнении ТО и Р турбогенераторов.

Запланировано участие ведущих организаций энергетики: научно-исследовательских и проектных институтов, организаций по ремонту и наладке, российских и международных производителей и поставщиков турбогенераторов. К участию к конференции планируется привлечь, как отечественных, так и зарубежных специалистов. По результатам конференции будет издан сборник материалов. Наиболее интересные статьи будут опубликованы в журнале «Надежность и безопасность энергетики».



Материал подготовлен ФГАОУ ДПО ПЭИПК Минэнерго России, ООО «НПО Энергобезопасность»

ЮБИЛЕИ, НАГРАЖДЕНИЯ

Сергею Игнатьевичу Магиду исполнилось 80 лет



А. А. Бухаткин

Уважаемый Сергей Игнатьевич!

АО «Томская генерация» поздравляет Вас с 80-ти летним юбилеем. Ваше трудолюбие и оптимизм позволили вывести Вашу компанию на лидирующие позиции в области разработки и установки тренажерных комплексов в России. Благодаря Вашему профессионализму и кропотливому отношению к делу, Ваши труды обеспечивают надежность работы электрических станций в России и за рубежом.

В рамках многолетнего сотрудничества с Вашей организацией на площадках АО «Томская генерация» была запущена в промышленную эксплуатацию целая серия разработанных тренажерных комплексов, которые позволили оперативному персоналу отточить свои профессиональные навыки и продолжить обеспечивать безаварийную эксплуатацию оборудования.

Выражаем Вам искреннюю благодарность за плодотворную совместную работу и за приятное профессиональное общение. От всей души желаем счастья, крепкого здоровья, еще больших успехов в Вашей интересной работе, долгих лет жизни, благополучия в семье. Желаем Вам новых проектов и интересных задач, неисчерпаемой энергии, удачи и открытых горизонтов.

Заместитель генерального директора
– технический директор

А. А. Бухаткин

Сергею Игнатьевичу Магиду исполнилось 80 лет



А. Н. Назарычев

Многоуважаемый Сергей Игнатьевич!

Ученый Совет, трудовой коллектив Федерального государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики Российской Федерации сердечно поздравляет Вас с 80-летием со дня рождения и выражают глубокую признательность и искреннюю благодарность за многолетнюю плодотворную работу и сотрудничество.

Вы — известный энергетик, учёный, доктор технических наук, профессор, почти 40 лет занимались научно-педагогической деятельностью, являетесь разработчиком уникальных тренажёров и технологий для обучения специалистов компаний топливно-энергетического комплекса России, являетесь действительным членом Академии Промышленной Экологии РФ, действительным членом Академии Военных наук РФ, директором Департамента Международной Кафедры-сети ЮНЕСКО-TVET.

Мы знаем Вас как человека широкой эрудиции, неиссякаемой энергии и большого профессионального опыта. Ваша коммуникабельность в сочетании с организаторскими способностями удивительным образом привлекает к себе людей различного возраста и различных профессий. Ваш опыт и эрудиция, несомненно, являются продуктивной платформой для нашего взаимодействия и оказывают позитивное влияние на развитии новых форм сотрудничества между представителями бизнеса, власти и энергетической общес-
твенности на благо российской энергетики.

Результаты Ваших исследований применены в различных нормативных государственных и ведомственных документах, а разработки последних лет легли в основу тренажёрной подготовки специалистов тепловых и атомных электрических станций.

В этот знаменательный день желаем Вам, уважаемый Сергей Игнатьевич, счастья, здоровья, благополучия Вам и Вашим близким.

Ректор ФГАОУ ДПО «ПЭИПК»,
доктор технических наук, профессор

А. Н. Назарычев

Сергею Игнатьевичу Магиду исполнилось 80 лет



Михайлов В. Е.



Хоменок Л. А.

Уважаемый Сергей Игнатьевич!

Руководство и сотрудники ОАО «НПО ЦКТИ», Ваши коллеги и друзья, приветствуют Вас в связи с 80-летием со дня рождения с чувством благодарности за Ваш преданный труд во благо отечественной энергетики, за Ваш большой вклад в дело развития ее информационных основ.

Руководимый Вами журнал является одним из ведущих технических изданий, в которых поднимаются самые актуальные вопросы, связанные с надежностью и безопасностью генерации, снабжения и потребления энергии, включая этапы исследования, проектирования и эксплуатации оборудования и систем. Журнал имеет высокие публикационные характеристики — включен в перечень ВАК, а также в базы данных: РИНЦ, ВИНТИ, Google Scholar, Ulrichs Periodicals Directory, и в этом — большая Ваша заслуга.

Мы гордимся, что многие годы активно работаем с Журналом в ходе реализации отраслевых задач научно-технологического развития энергетики. Не случайно ОАО «НПО ЦКТИ» занимает второе место среди других организаций по количеству статей, опубликованных в журнале.

Значимость всего, что Вы создаете вместе со своим коллективом, заслуживает самой высокой оценки. В связи с этим мы от всей души желаем Вам, Сергей Игнатьевич как профессионалу-энергетику, ученому, а также, нашему другу, дальнейших успехов, сил и благополучия, чтобы рядом всегда были люди, на которых можно положиться в любой ситуации!

Крепкого здоровья, счастья Вам и Вашей семье!

От имени коллектива с глубочайшим уважением
Генеральный директор, д.т.н., проф.

В. Е. Михайлов

Заведующий аналитическим отделом
главных научных сотрудников, д.т.н., проф.

Л. А. Хоменок

Сергею Игнатьевичу Магиду исполнилось 80 лет



Серик Тютебаев

Уважаемый Сергей Игнатьевич!
Позвольте от всей души поздравить Вас со знаменатель-
ным событием в Вашей жизни — 80-летним юбилеем!

Принято считать, что юбилейная дата — прекрасный повод для подведения определенных итогов жизненного пути и составления более смелых, амбициозных планов на будущее.

Вся Ваша богатая трудовая деятельность как инженера, ученого, тесно и неразрывно связана с обеспечением надежности и безопасности электроэнергетики. Поступив на работу в 1958 году техником-электриком Акмолинского Электросетевого предприятия г. Акмолинск, Республики Казахстан, Вы прошли все ступени становления высококвалифицированного профессионала.

На протяжении многих лет Вы являетесь бессменным руководителем Акционерного общества «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ»), генеральным директором Издательства «НПО Энергобезопасность», главным редактором и издателем научно-технического журнала «Надежность и безопасность энергетики», в составе Комиссии

Минэнерго РФ разрабатывали концепцию обеспечения надежности в электроэнергетике, состоите экспертом по электроэнергетике Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации.

Вы являетесь руководителем и непосредственным исполнителем более 150 проектов электронно-вычислительных тренажерно-аналитических комплексов и обучающих программ для подготовки оперативного, обслуживающего и ремонтного персонала тепловых и атомных электростанций, сетевых предприятий и других опасных энергетических объектов различных отраслевых принадлежностей России и стран Евразийского экономического союза. В том числе значительную ценность для электроэнергетики Казахстана имеет проект «Создание и техническое сопровождение «Центра подготовки персонала Алматаэнерго». Для указанного Центра реализовано более 25 проектов тренажерно-аналитических комплексов и обучающих программ по всему парку технологического оборудования.

Вашему профессиональному перу принадлежат многочисленные сборники, монографии и статьи, которые представляют огромную научно-прикладную ценность в кругах технических специалистов.

Дорогой Сергей Игнатьевич! Перечисление всех Ваших заслуг и достижений во славу науки и техники заняло бы слишком много места и времени. Поэтому, позвольте ограничиться тем, что мы, Ваши коллеги-энергетики, считаем Вас выдающейся личностью, замечательным Человеком.

Еще раз от всей души желаю Вам и Вашим близким долговечности жизни, крепости тела, ясности ума. Пусть сбываются все Ваши самые смелые ожидания.

Пользуясь случаем, сердечно поздравляю Вас с замечательным праздником — Днем России. Желаю мирного неба и благополучия!

Искренне Ваш,
Управляющий директор
по производству
и управлению активами
АО «Самрук-Энерго»

Серик Тютебаев

ХРОНИКА, ПУБЛИКАЦИИ

• **Enel пришла со своей турбиной.** Enel попросила изменить условия участия в программе модернизации старых теплоэлектростанций (ТЭС), чтобы пройти конкурсный отбор со своей импортной парогазовой установкой.

Итальянский энергохолдинг Enel в конце июля обратился к вице-премьеру Юрию Борисову и министру энергетики Александру Новаку с просьбой смягчить условия отбора проектов по модернизации старых ТЭС. «Ведомости» ознакомились с документом. Его подлинность подтвердили источник на рынке и федеральный чиновник.

В стране с 2019 г. действует госпрограмма модернизации старых ТЭС, оцениваемая в 1,9 трлн руб. Генерирующие компании подают проекты модернизации своих станций на конкурсный отбор; обязательным условием для участия является использование российских турбин либо собираемых в РФ иностранных с высокой степенью локализации. Проекты, которые таким образом одобряются, получают право на гарантированный возврат инвестиций на уровне 14% годовых через повышенные платежи для потребителей. В рамках этой программы в России до 2031 г. должно быть модернизировано 40 ГВт мощностей ТЭС.

21 июля Минэнерго опубликовало проект постановления, которое позволит использовать в программе и иностранные парогазовые установки. Но при соблюдении трех условий: одновременная замена паровой турбины и надстройка газовой; мощность объекта после модернизации не должна превышать 250 МВт; оборудование должно быть приобретено до 2015 г. и не эксплуатироваться ранее. Условия участия в конкурсе были смягчены специально под проект «Татэнерго»: компания сможет использовать импортную турбину Siemens для модернизации Набережночелнинской ТЭЦ (с ней компания намерена выйти на конкурсный отбор проектов с вводом в 2026 г.).

• Ранее по теме: **Итальянская Enel переходит на чистую энергетику в России**

Глава дивизиона «Европа» Enel Симоне Мори просит Борисова и Новака изменить условия для участия в отборе с импортными турбинами, но уже под свои нужды. Он предлагает повысить ограничение по мощности объекта после модернизации с 250 до 450 МВт и позволить использовать импортное оборудование, купленное до 31 декабря 2015 г. Тогда компания сможет использовать для модернизации Невинномысской ГРЭС (входит в «Энел Россия») в Ставропольском крае паровую и газовую турбины мощностью 440 МВт итальянской Ansaldo Energia, произведенные в 2013 г. и ввезенные в Россию в 2015-м, поясняет он. Топ-менеджер также предлагает сдвинуть сроки очередного конкурсного отбора проектов, в котором планировала участвовать и «Татэнерго» с проектом Набережночелнинской ТЭЦ, с сентября на декабрь 2020 г. Невинномысская ГРЭС (установленная мощность — 1530,2 МВт, тепло-

вая — 585 Гкал/ч) — одна из крупнейших тепловых электростанций Северного Кавказа.

Представитель Борисова отказался от комментариев, так же поступили в «Энел Россия». В Минэнерго на запрос не ответили.

Аналитик «ВТБ капитала» Владимир Складар предположил, что речь идет о газотурбинной установке, приобретенной «Энел Россия» для Среднеуральской ГРЭС, от модернизации которой компания впоследствии отказалась (это подтверждает источник на энергорынке). Паровая и газовая турбины с котлом-утилизатором обошлись российской «дочке» Enel в 98 млн евро. Текущую стоимость Складар оценивает примерно в 18 млрд руб. с учетом текущего курса рубля.

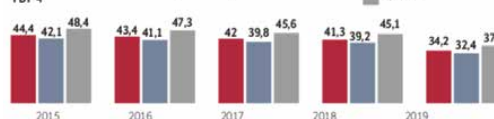
Желание Enel пристроить невостребованные турбины понятно — это позволит сократить стоимость проекта почти на 80%, поскольку оборудование по факту уже приобретено, отметил эксперт. Но, по его мнению, это будет идти вразрез с логикой требований по локализации оборудования в РФ. Ситуацию с «Татэнерго» Складар считает принципиально иной: «В случае с Набережночелнинской ТЭЦ речь идет фактически о создании с нуля новых мощностей в энергодефицитном регионе, а конфигурация будущего блока ранее уже прошла конкурсный отбор и не требует изменения самой заявки».

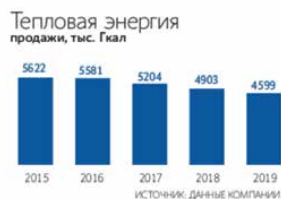
Старший аналитик Центра энергетики Московской школы управления «Сколково» Юрий Мельников считает, что по газовым турбинам большой мощности (более 100 МВт) требования программы о локализации выполнить практически невозможно — в России нет таких технологий, сказал он. Первой и пока единственной парогазовой установкой большой мощности, дошедшей до стадии работы в условиях конкурентного рынка, является ГТД-110М, серийное производство которой планировалось начать в 2020 г. Изначально задумывалось именно обновление генерирующих мощностей — увеличение их установленной мощности, снижение удельного расхода топлива и выбросов загрязняющих веществ, сказал источник на энергорынке. Но сегодня предложения на российском рынке газотурбинного оборудования крайне ограничены, что снижает эффективность госпрограммы, добавил собеседник.

Финансовые показатели «Энел Россия»
МСФО, млрд руб.



Сколько вырабатывают и продают тепловой и электроэнергию





• Энергетический переход открывает новые возможности для России.

COVID-19 серьезно повлиял на всю мировую экономику, в том числе на нефтегазовую отрасль: спрос и цены на энергетические продукты снизились, на рынке выросла волатильность. Вероятно, ситуация не изменится до следующего года, а может быть, и до начала 2022 г. Однако в более долгой перспективе спрос восстановится. Воздействие пандемии ослабнет, но возобладает более общий и сильный глобальный фактор — энергетический переход.

Население Земли продолжает расти, однако около миллиарда человек все еще лишены доступа к электроэнергии. Планете необходимо больше энергии. Но в условиях глобального потепления источники энергии должны стать низкоуглеродными либо углеродно нейтральными. Это грандиозная задача.

Для ее выполнения потребуется многое: найти оптимальные пути декарбонизации экономики, новые технологии и продукты в энергетике. Ее структура будет сдвигаться в пользу низкоуглеродных источников, таких как энергия ветра и солнца, гидро-, геотермальная и ядерная энергия, устойчивые виды биотоплива и водород.

Но нам по-прежнему неизбежно будут нужны нефть и газ. Именно поэтому, двигаясь к низкоуглеродному будущему, «Шелл» продолжает инвестировать и в нефтегазовые проекты, особенно связанные с природным газом. Газ будет по-прежнему играть важную роль в декарбонизации и в улучшении качества атмосферного воздуха, заменяя уголь и дизельное топливо в электрогенерации. Мы в «Шелл» считаем, что в течение ближайших 10–20 лет сжиженный природный газ (СПГ) как максимально гибкая разновидность природного газа останется самым быстрорастущим сегментом углеводородного бизнеса.

Россия с ее обширными запасами газа — одна из ключевых стран, способных помочь уйти от угля. Россия — многолетний экспортер трубопроводного газа, а вот на рынке СПГ представлена еще недостаточно. Возможность роста очевидна.

Для этого критически важно обеспечить привлекательность российских энергетических продуктов для потребителей не только с точки зрения цены, но и с точки зрения экологичности, сокращения углеродного следа существующих, традиционных, источников энергии.

Важным шагом в этом направлении стали «Руководящие принципы по снижению выбросов метана». Мне очень приятно, что к ним уже присоединились «Газпром» и «Роснефть». «Принципы» — это междуна-

родная отраслевая инициатива, нацеленная на постоянное сокращение выбросов и улучшение точности их учета, продвижение рациональной политики и правил в этой области и повышение прозрачности. Они были разработаны в рамках Парижского соглашения по климату, однако и с экономической точки зрения выгоднее продавать метан, чем просто терять его в атмосфере.

Еще один способ управления углеродным следом газа и СПГ — это улавливание и геологическое хранение углерода, его применение может стать рыночным преимуществом для будущих российских СПГ-проектов.

Широкое использование таких «природных» решений, как, например, посадка деревьев, может к 2030 г. удалить из атмосферы объем углерода, эквивалентный текущим выбросам США и ЕС. У России с ее крупнейшими в мире лесными массивами есть все возможности для масштабных лесовосстановительных инициатив.

Не стоит забывать и про такие перспективы, как электромобильный транспорт, использование СПГ в качестве топлива для тяжелого сухопутного и морского транспорта, а также более широкое применение водорода. Россия обладает обширным научно-техническим опытом в области производства и применения водорода. Применение водорода может способствовать снижению в том числе и углеродного следа от природного газа. Наш партнер «Газпром» наглядно продемонстрировал, что метан-водородная смесь, используемая в качестве топлива для газовых турбин, может значительно уменьшить выбросы. Аналогично добавление водорода в газомоторное топливо способно повысить эффективность и экологичность транспортных средств. Стоит отметить, что Европейский союз недавно принял Водородную стратегию, которая должна стать одним из важнейших элементов будущей декарбонизации европейской экономики.

Было бы справедливо сказать, что энергетический переход пока не обсуждался в России столь же широко, как на Западе. Встречается также ошибочное представление, что энергетический переход представляет угрозу для России как производителя углеводородов. Но эта тенденция начинает меняться, и я вижу все увеличивающуюся готовность обсуждать и рассматривать новые возможности.

Я перечислил лишь некоторые из них: природный газ с низким углеродным следом, СПГ, водород, технология захвата и геологического хранения углерода, природно ориентированные решения. Надеюсь, вы вдохновитесь на поиск и других решений. Я считаю, что они должны формулироваться посредством широкого диалога с участием всех заинтересованных сторон и разрабатываться совместно, через сотрудничество со множеством партнеров. В таком случае возможности трансформируются в разумные экономические решения, и Россия войдет в изменяющееся будущее более сильной.

• Daimler представила концепт водородного тягача GenH2



Серийная версия GenH2 появится после 2025 г. /Daimler
Крупнейший в мире производитель грузовиков Daimler представил стратегию электрофикации своей продукции. Первым шагом в реализации стратегии стал концепт водородного тягача GenH2.

Подразделение по производству грузовиков немецкой автокомпании Daimler провело 16 сентября в Берлине мировую премьеру концепта седельного тягача Mercedes-Benz GenH2. Грузовик имеет полную массу 40 т, грузоподъемность 25 т и запас хода в 1000 км. В предсерийной версии, которая появится в 2023 г., будут установлены два электромотора мощностью 230 кВт каждый (пиковая мощность 330 кВт каждый) и крутящим моментом 1577 Н*м каждый (максимальный момент — 2071 Н*м каждый).

Серийная версия появится после 2025 г. и будет иметь систему топливных элементов мощностью 300 кВт и аккумуляторную батарею, которая сможет временно обеспечить дополнительные 400 кВт мощности при пиковых нагрузках или при движении в гору. Емкость аккумулятора составит 70 кВт ч. Водородные топливные элементы осуществляют превращение химической энергии топлива в электричество.

В отличие от разработок других компаний система топливных элементов GenH2 работает не на газообразном (хранение под давлением 700 бар), а на жидком водороде (хранение при температуре минус 253 градуса по Цельсию). Это позволит использовать значительно более легкие и меньшие по размерам топливные баки — у GenH2 их будет два, на 40 кг каждый. Недостаток этого варианта заключается в относительно неразвитой в мире инфраструктуре заправок жидким водородом (около 10% от общего количества водородных заправок).

Помимо GenH2 немцы представили еще одну новинку — среднемагистральный седельный тягач Actros LongHaul с запасом хода до 500 км. Производство этого электрического грузовика, технические характеристики которого Daimler пока не раскрывает, должно начаться в 2024 г. Обе новинки используют новую модульную платформу ePowertrain, на которой будут строиться все электрические и водородные грузовики средней и большой грузоподъемности, что позволит компании сократить издержки производства. Грузовики сначала будут продаваться в Европе, а версии для американского и японского рынков появятся чуть позже. Ранее Daimler представила электрический грузовик

eActros с запасом хода до 200 км. Он будет запущен в серийное производство уже в 2021 г.

«Грузовики на аккумуляторных батареях будут скорее использоваться для меньшего веса груза и для более коротких расстояний. А грузовики на топливных элементах будут предпочтительным вариантом для более тяжелых грузов и больших расстояний. Наши концепты от Mercedes-Benz — GenH2, eActros LongHaul и eActros, а также электрические грузовики от брендов Freightliner и FUSO позволят нам предлагать клиентам подходящие под их задачи варианты», — заявил глава Daimler Trucks Мартин Даум.

Презентация Daimler совпала с громким скандалом в США: стартап по производству водородных и электрических грузовиков Nikola, основанный в 2014 г. в штате Юта энергичным предпринимателем Тревором Милтоном и уже собравший, по собственным заявлениям, заказов более чем на \$10 млрд, пока, по сути, не представил ничего, кроме красивых картинок и видеоролика прототипа грузовика, в котором, как выяснилось, он не ехал сам, а катился с горки. Доклад с подробным анализом высказываний руководства компании, ее планов и технологий, опубликованный одним из шорт-селлеров акций Nikola (стартап провел IPO в июне 2020 г., рыночная капитализация в этом году достигала \$20 млрд), заставил Комиссию по ценным бумагам и биржам и Министерство юстиции США начать расследование в отношении Nikola.

Примечательно, что доклад появился через пару дней после того, как Nikola заключила сделку с американским автогигантом General Motors: стартап передает GM пакет своих акций на сумму в \$2 млрд (для этого будет проведена допэмиссия) и право назначать одного члена своего совета директоров, а взамен получает доступ к комплектующим (в том числе батареям и топливным элементам) и производственным мощностям GM для проектирования и выпуска своего концепта электропикапа Badger, а также, возможно, и своих грузовиков (концепты One, Two и Tre). Акции Nikola после объявления о сделке выросли на 41%, а после публикации доклада упали на 36%.

Пока в США выясняют, является ли Nikola большим мошенничеством или реальным технологическим стартапом, руководство подразделения Daimler по производству грузовиков во время презентации уделило особое внимание описанию технических деталей своей программы электрификации грузовиков. Даум особо отметил, что в разработке систем топливных элементов его компания сотрудничает со своим конкурентом Volvo Trucks: в апреле 2020 г. партнеры договорились создать совместное предприятие на паритетных началах. Для этого Daimler передаст все свои наработки в новую единицу Daimler Truck Fuel Cell, в которой Volvo Trucks впоследствии получит 50%.

В свете скандала со стартапом Nikola из США немцы сделали акцент на технологиях.

• **Airbus полетит на жидком водороде.** Европейский авиагигант Airbus представил три дизайна само-

летов ZEROe: первый коммерческий самолет с водородным двигателем должен появиться к 2035 году.

В День нулевой эмиссии (отмечается ежегодно по всему миру 21 сентября) европейский авиапромышленный концерн Airbus представил свое видение авиации без выбросов парниковых газов. Концепты трех пассажирских самолетов, использующих жидкий водород вместо керосина, отражают стремление компании сыграть ведущую роль в трансформации отрасли для достижения нулевого объема выбросов CO₂.

Все три самолета пока имеют общее кодовое название ZEROe (от англ. zero emissions — «нулевые выбросы»). Первый представляет собой узкофюзеляжный самолет для трансконтинентальных перелетов, похожий на Airbus 321neo, с турбовентиляторными двигателями, вместимостью 200 пассажиров и дальностью полета около 3800 км. Баки для водородного топлива будут расположены в герметизированном отсеке в хвостовой части самолета (для жидкого водорода требуются баки большего размера, которые должны выдерживать значительное давление, а значит, быть цилиндрической или сферической формы с размещением внутри фюзеляжа).

Второй концепт рассчитан на региональные перевозки и представляет собой узкофюзеляжный самолет с турбовинтовыми двигателями, вместимостью 100 пассажиров и дальностью полета около 1900 км. Самая интересная новинка — третий концепт, широкофюзеляжный самолет с турбовентиляторными двигателями, построенный по принципу «летающее крыло», который пока не имеет реализации в секторе коммерческих перевозок. Весь фюзеляж представляет собой крыло, внутри которого размещаются пассажирский салон вместимостью 200 человек и топливные баки. Дальность полета составит около 3800 км.

«Эти концепты помогут нам разработать дизайн и компоновку первого в мире экологически нейтрального коммерческого самолета с нулевым уровнем выбросов, который мы планируем ввести в эксплуатацию к 2035 г. Переход на водород в качестве топлива для этих концептов самолетов потребует решительных действий от всей авиационной отрасли», — заявил генеральный директор Airbus Гийом Фори. В частности, существенные изменения потребуются произвести в инфраструктуре аэропортов, чтобы обеспечить транспортировку и хранение жидкого водорода для заправки им воздушных судов.

Airbus уже имеет опыт проектирования экологически нейтральных самолетов: в июле 2013 г. компания представила на авиасалоне в Ле-Бурже двухместный аккумуляторный самолет E-Fan, спроектированный как тренировочное судно, способное выполнять фигуры высшего пилотажа. Прототип совершил несколько полетов в 2014 г., но в 2017 г. Airbus отказался от производства модели. Два электромотора E-Fan имели мощность 40 л. с. каждый и разгоняли самолет с максимальной взлетной массой 550 кг до крейсерской скорости 160 км/ч (максимальная составляла 220 км/ч). Заряда батареи хватало на час полета, сто-

имость электричества для зарядки составляла \$16.

Коммерческий электросамолет построили инженеры компаний Magnix и Harbour Air на базе легкомоторного Cessna Grand Caravan 208B, укомплектовав его электродвигателем мощностью 750 л. с. и литий-ионной батареей на 750 В весом 1 т. Первый полет прототип совершил в мае 2020 г. в США. Стоимость электричества для зарядки батареи на полчасовой полет составила \$6. Ожидается, что самолет будет сертифицирован в 2021 г. и будет совершать рейсы на расстояние не более 160 км с 4–5 пассажирами.

Первый в мире самолет с электродвигателем и системой водородных топливных элементов HY4 был создан специалистами Германского центра авиации и космонавтики на базе электрического самолета Pipistrel Taurus Electro G4 и испытан в 2016 г. Водородные топливные элементы осуществляют превращение химической энергии топлива в электричество и в прототипе используются только для горизонтального полета. Для взлета и набора высоты в HY4 служит литий-полимерная аккумуляторная батарея емкостью 21 кВт ч. Разработчики планируют создать на базе прототипа региональный коммерческий самолет на 19 пассажиров.

• **«Газпром» платит премии, получая убытки.** Финансовые показатели «Газпрома» оказались худшими за последние 15 лет. Такой вывод можно сделать из представленной газовым монополистом отчетности по МСФО за первое полугодие. Чистая прибыль компании, относящаяся к её акционерам, составила всего 32,9 млрд рублей. Это в 25,4 раза меньше аналогичного показателя прошлого года.

На 35% сократилась чистая выручка от продажи газа, причём «просел» «Газпром» на всех рынках. Так, выручка от продажи в Европу уменьшилась на 47%, в страны бывшего Советского Союза — на 23%. И даже выручка от продажи газа внутри страны и то уменьшилась на 6%, и это при том, что российский рынок стал единственным, где «Газпром» повысил цены. Да, повышение было незначительным, всего на 2%, однако следует иметь в виду, что, например, в Европу во втором квартале «Газпром» и вовсе продавал газ ниже себестоимости из-за колоссального падения спроса.

Несмотря на плачевные финансовые показатели, компания не поспешила на премии высшему руководству. В финансовой отчетности по РСБУ видно, что зарплаты топ-менеджеров были снижены на 17,2%. Однако на деле это оказалось пустой формальностью. Потерянные были деньги «эффективные менеджеры» «Газпрома» получили в виде премий, размер которых вырос почти вдвое от прошлогоднего и составил 602,9 млн рублей.

• **Псевдонаучные достижения гениев термодинамики.** В 2016 году академики РАН трезво оценили в открытом письме В. Путину современное состояние российской науки — деградация и активизация проходивцев, а вместе с тем снижение числа качественных

публикаций и исследований. Это разложение пытаются остановить, но в иных местах критерии научности копируются стремлением любым способом получить доступ к кормушке. В редакцию «Аргументы Недели» (АН) обратился В. В. Куличихин, доктор технических наук, академик Академии Промышленной Экологии РФ, член-корреспондент Академии Военных Наук Минобороны РФ, с рассказом о том, что отдельные сотрудники НИУ «МЭИ» в своих отчётах и статьях вводят научное сообщество в заблуждение. Камнем преткновения стали сомнительные расчёты повышения термодинамической и технико-экономической эффективности энергоустановок.

Серьёзные вопросы у В. В. Куличихина вызвали публикации ряда учёных (в частности, сотрудников «МЭИ» А. Д. Трухня, В. С. Агабабова) о том, что встраивание в тепловую схему на ТЭЦ детандер-генераторных агрегатов (ДГА) позволит повысить их КПД. Если объяснить принцип работы электростанции, то он таков: на станцию приходит газ под давлением около 10 ат, затем давление его снижается в дроссельном устройстве перед горелками энергетического котла 1,5 ат. В котле образуется пар, который идёт в паровую турбину. Турбина вращает генератор, который вырабатывает электрический ток. При такой схеме подачи природного газа в котёл его теплосодержание (энтальпия) практически не изменяется. При использовании ДГА давление природного газа уменьшается с 10 ат на входе в ДТА до 1,5 ат на выходе из него. Это позволяет выработать дополнительное количество электроэнергии. Но в результате расширения природного газа в ДГА его теплосодержание (энтальпия) уменьшается. Восстановление первоначального значения теплосодержания (энтальпии) природного газа в энергетическом котле требует дополнительного сжигания природного газа. В результате повышения экономичности всей ТЭЦ не достигается.

Казалось бы, придумали неэффективный метод. Нужно о нём забыть, как о неудачном опыте. Тем более ДГА в экспериментальном порядке использовались на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-23 «Мосэнерго», где экономической выгоды в них не увидели. Однако авторы публикаций о ДГА не только не признают неэффективность своей теории, но и на основе этого продолжают писать научные работы с ошибочными выводами и выпускать учебные пособия. Причина кроется в ошибках расчётов, которые нарушают все законы термодинамики! Об этом вышла не одна статья в журналах ВАК.

Эти же ошибки попадают в учебные пособия, по которым учатся студенты «МЭИ». Так, В. С. Агабатов и А. В. Корягин придумали некую формулу эффективного КПД (хотя в термодинамике используется методика по расчёту относительного электрического КПД). По ней выходило, что эффективность использования ДГА будет близка к 100%. Чуть позже В. С. Агабатов пришёл к выводу (непонятно на чём основанном), что в формуле нужно поменять местами числитель и знаменатель. В итоге в таком случае КПД стал достигать вообще 114%. Удивительно, что до сих пор никто не выдвинул В. С.

Агабабова на Нобелевскую премию, а все ТЭЦ не стали оборудоваться ДГА. Но при расчёте эффективности по «классической» формуле относительного электрического КПД реальные показатели составляли от 59,34% до 50,64% в зависимости от мощности ДГА.

На ошибки в формулах, которые допущены в учебных пособиях, неоднократно указывали ректору «МЭИ» Н. Д. Роголёву. Однако за всё время так и не были внесены исправления. Получается, если формулы Агабабова не врут, то из библиотек нужно срочно изымать все старые пособия, в которых утверждается, что КПД энергоустановок не может превышать 100%.

Продолжение на сайте издания «АН».

Вопрос, а действительно ли В. С. Агабатов и «МЭИ» двигают теплоэнергетику вперёд — остаётся открытым. В. С. Агабатов и А. В. Клименко, в соответствии с соглашением с Минобрнауки № 14.574.21.0017 создали, как они утверждают, уникальные экспериментальные стенды и провели на них уникальные исследования перспективности тригенерационных установок (установок для одновременного производства электроэнергии, теплоты и холода). Обычно учёных хлебом не корми — дай рассказать о своих успехах сообществу. Однако вот уже на протяжении 4-х лет со дня сдачи отчёта никто так и не узнал, что это за уникальные стенды, к каким результатам привело исследование и как на это отреагировал Минобрнауки. Спрашивается, а был ли мальчик? Почему гранты на исследования выделены (порядка 9 млн руб.), а результаты исследований не опубликованы и не обсуждаются?

Что любопытно, человека, который задавал вопросы — В. В. Куличихина, теперь уже бывшего преподавателя кафедры «Промышленные теплоэнергетические системы» — руководство «МЭИ» уволило. Причина странная — якобы кафедра, где он работал, не хочет продлевать с ним трудовой договор. Причём заседание кафедры не проводилось по причине антикоронавирусных мер — тогда все сидели на самоизоляции. Кто же тогда принимал решение? Уж, не за желание ли объявить о научных достижениях гениев термодинамики убрали В. В. Куличихина?

«АН» обращаются в Министерство науки и высшего образования РФ с просьбой разобраться в вопросе и выяснить реальный научный уровень учебных пособий, в которых приводятся ошибочные формулы, а также предоставить на обсуждение текст соглашения между Минобрнауки и НИУ «МЭИ» № 14.574.21.0017, отчёта по соглашению и акта комиссии о выполнении соглашения.

• Признавшийся в растрате энергетик остался депутатом. Бывшей гендиректор убыточного АО «Дальневосточная энергетическая компания» (ДЭК) Виктор Милуш в ближайшее время предстанет перед судом.

Топ-менеджера обвиняют в растрате 700 млн рублей. Свою вину он признал ещё во время след-

ствия и активно сотрудничал с правоохранителями.

Дело о растрате 700 млн в ДЭК тесно связано с другим расследованием, главным фигурантом которого был бывший гендиректор холдинга «РАО ЭС Востока» Иван Благодарь, приговорённый к четырём годам колонии общего режима. Г-н Благодарь признан виновным в подстрекательстве к растрате средств руководства ДЭК. Всего под покровительством Благодаря в ДЭК украли более 266 млн рублей, 30 млн из которых получил сам Благодарь.

По версии следствия, в 2009–2016 годах, когда компанию возглавлял Виктор Милуш, деньги выводились при помощи заключения фиктивных договоров на оказание юридических услуг, благотворительных пожертвований и проведение спортивных мероприятий. Предположительно, главным подельником Виктора Милуша в его преступной деятельности была Елена Тюрина, его заместитель по финансовым вопросам.

Интересно заметить, что Виктор Милуш, во время расследования находившийся под стражей, в июле прошлого года был освобождён под залог. Более того, хоть он и потерял пост в ДЭК, но по сей день остаётся депутатом Заксобрания Приморского края.

• **Нефтяные монархии обнищали.** В Кувейте разразился серьёзный финансовый кризис, сообщает агентство Bloomberg. Из-за продолжающегося падения цен на нефть в казне некогда процветающей нефтяной державы практически не осталось средств. Так, уже в ноябре этого года властям может не хватить денег на выплаты работникам государственного сектора.

Примечательно, что ещё в 2016 году Анас аль-Салех, возглавлявший тогда министерство финансов, предупреждал о необходимости «слезать с нефтяной иглы», говоря о том, что только диверсификация экономики поможет Кувейту не скатиться в глубокий кризис.

Заметим, что Кувейт не единственная нефтяная монархия, столкнувшаяся сегодня с трудностями. В Саудовской Аравии сокращают льготы и ужесточают налогообложение, а также пытаются превратить Дубай в мировой логистический и финансовый хаб. Куда более бедные соседи — Бахрейн и Оман — уже начали наращивать долги и искать поддержки у других стран.

• **Маск отложил революцию.** Глава Tesla на мероприятии Battery Day вопреки ожиданиям не представил прорывных технологий. И даже срок появления дешевой модели Tesla остался тем же, что и в 2018 году: «в течение трех лет».

Генеральный директор американской автокомпании Tesla Илон Маск провел 22 сентября мероприятие Battery Day, посвященное новым технологиям в производстве аккумуляторных батарей для электромобилей. Аналитики, инвесторы и фанаты с нетерпением ожидали, что миллиардер объявит о новых технологиях, которые позволят снизить стоимость батарей — самого дорогого компонента электромобилей. Все надежды на быстрое развитие рынка электрического транспорта упираются в относительно невысокую на данный

момент емкость батарей и высокую стоимость их производства.

Однако Маск еще в минувший понедельник написал в своем Twitter, что каких-либо изменений в массовом производстве не стоит ждать ранее 2022 г. В результате акции Tesla в тот же день упали на 7%; к вечеру 23 сентября совокупное падение составило уже 13% и рыночная капитализация компании снизилась на \$60 млрд.

Вместо ожидавшихся заявлений о «миллионмильной батарее» (батареи с гарантией на миллион миль или 10 лет, сейчас Tesla дает гарантию до 240 000 миль и до восьми лет) и конкретных цифр сокращения расходов на батареи Маск дал расплывчатые обещания о снижении стоимости производства аккумуляторов вдвое в ближайшие несколько лет и появлении дешевой модели Tesla стоимостью \$25 000 «в течение трех лет». Примечательно, что в августе 2018 г. миллиардер уже выступал с точно таким же обещанием.

Не новым было и заявление главы Tesla о том, что компания собирается самостоятельно производить ячейки для батарей. В настоящее время их поставляют для Tesla японская Panasonic, китайская CATL и южнокорейская LG Chem. И хотя точный срок начала собственного производства неизвестен — по словам Маска, производство будет налажено опять же «в течение трех лет», — акции каждого из поставщиков упали более чем на 4% после его заявления. Информация об использовании меньшего количества кобальта в катодах и большего количества кремния в анодах — тоже не новость, а тенденция, которой уже следует большинство производителей электромобилей. «Ничто из того, что Маск рассказал про батареи, не является решенным вопросом, — заявил агентству Reuters аналитик фирмы Roth Capital Partners Крейг Ирвин. — Ничего существенного». Некоторые эксперты выразились еще более критично: «Скорее фантазии, чем реальные новости», — написал в своем Twitter управляющий директор аналитической фирмы Benchmark Саймон Мурес.

Когда-нибудь, по заверению Маска, Tesla выйдет на объем производства 20 млн электромобилей в год. Видимо, миллиардер устал от постоянного сравнения его компании с мировым лидером по объему производства легковых автомобилей, немецкой компанией Volkswagen: из-за рекордного роста акций Tesla в этом году (примерно 500%) часто упоминается, что, хотя ее рыночная капитализация в 5 раз превышает стоимость VW, производит она почти в 30 раз меньше (в 2019 г. VW продал немногим менее 11 млн автомобилей, а Tesla — немногим менее 370 000). Пока же Маск не выполнил свои предыдущие обещания по объему производства Tesla ни на 2018 г. (500 000 автомобилей), ни на 2020 г. (1 млн автомобилей).

А пока мир ждет появления дешевой модели Tesla, Маск во время мероприятия Battery Day немного вышел за рамки аккумуляторной тематики и представил модификацию Tesla Model S — Tesla Model S Plaid. Электромобиль оснащен тремя двигателями суммарной

мощностью 1100 л. с., что делает его самым быстрым серийным электрическим автомобилем в мире. Новинка разгоняется до 100 км/ч менее чем за 2 с, а четверть мили (402 м) пролетает за 9 с и по обоим показателям превосходит главного конкурента — представленный недавно электрический седан Lucid Air. Запас хода составит около 850 км. По информации на сайте компании, новинка поступит в продажу в США в 2021 г. по цене от \$140 000.

Мероприятие Battery Day состоялось сразу же после ежегодного собрания акционеров Tesla, на котором Маск сообщил, что прогнозирует рост объема продаж в 2020 г. в 30–40%. В прошлом году продажи Tesla выросли на 50%, но даже такими темпами до 20 млн автомобилей в год далеко.

• **GE сгружает уголь.** General Electric отказывается от строительства угольных теплоэлектростанций в пользу возобновляемых источников энергии.

General Electric (GE) решила отказаться от строительства угольных теплоэлектростанций (ТЭС) и выпуска оборудования для них, сообщила американская корпорация 21 сентября. При этом в компании добавили, что продолжают обслуживать уже действующие угольные электростанции.

В прошлом году GE уже заявляла о постепенной переориентации на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и даже инвестировала \$400 млн в строительство мощнейшей в мире 260-метровой ветряной установки Haliade-X, которая сможет обеспечить электричеством 16 000 домов в Европе. Совет по охране природных ресурсов (NRDC) назвал решение GE важным и давно ожидаемым шагом. «Выход GE из бизнеса по строительству угольных электростанций после лидерства в этой области на протяжении десятков лет — это признание того, что рост энергетического сектора больше не будет происходить за счет угля», — прокомментировала агентству Reuters решение компании финансовый аналитик Института энергетической экономики и финансового анализа (IEEFA) Кэти Хиппл.

Руководство компании (которое менялось дважды за пять лет) явно недооценило скорость мирового перехода на ВИЭ, отмечает Forbes. Издание напоминает, что всего пять лет назад GE провела крупнейшую в своей истории сделку по поглощению энергетического подразделения французской группы Alstom за \$10,6 млрд (активы включали предприятия по выпуску оборудования для выработки и передачи электроэнергии). Но вместе с мощностями по выпуску оборудования для ветроэлектростанций к компании перешли и активы по производству турбин для угольных ТЭС, что вызвало новую волну критики со стороны зеленых. В 2015 г. также началась разработка Парижского соглашения по климату, в рамках которого 189 стран обязались сократить выбросы парниковых газов до нуля к 2050 г., — наращивание угольного бизнеса GE не соответствовало этой цели.

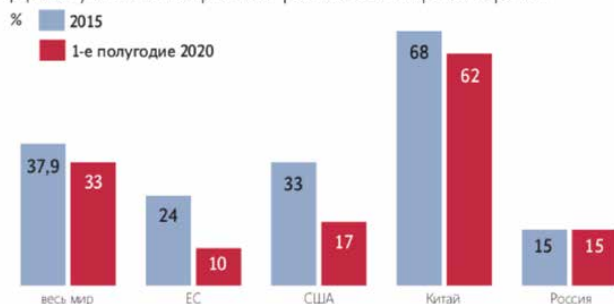
С 2015 г., согласно отчету британского аналитического центра Ember, доля угля на мировом рынке электро-

энергии сократилась с 37,9 до 33% — это самое значительное снижение за последние 30 лет. При этом объем мирового производства энергии с помощью солнца и ветра за тот же период удвоился и теперь составляет 9,8% (столько же приходится на долю АЭС). В первом полугодии 2020 г. объем произведенной с помощью угольных ТЭС энергии упал на рекордные 8,3% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Доля солнце- и ветроэнергетики за этот же период выросла на 14%. В основном это произошло за счет европейских стран, где за январь — июнь 2020 г. впервые в истории их доля превысила долю ископаемого топлива (угля и природного газа): 40% против 34%. Остальные 26% генерации обеспечили АЭС.

В США за первое полугодие 2020 г. доля угольной энергетики снизилась на 31%. При этом если в Европе уголь замещается ВИЭ, то в США его заменяет газ. Самым крупным угольным регионом мира остается сегодня Китай: на него приходится 54% всей угольной генерации электричества. Более того, Китай инвестирует в угольную энергетику по всему миру. По данным IEEFA, в 2019 г. КНР вложила \$36 млрд в строительство угольных электростанций в 23 странах. Несмотря на это, Китай все же следует мировому тренду декарбонизации. Как отмечает директор Фонда энергетического развития Сергей Пикин, уже сегодня количество вырабатываемой с помощью ВИЭ энергии в этой стране превышает все виды генерации в России (на начало 2020 г. мощность всех электростанций в РФ составляла 246,3 ГВт. — «Ведомости»). «Повсеместный отказ от угля обусловлен ожиданиями введения углеродных налогов в ЕС», — отметил он. Эксперт прогнозирует, что к середине века большинство ключевых экономик мира полностью откажутся от использования углеводородного сырья (угля, нефти, газа) либо оно будет занимать минимальную долю в энергобалансе.

На территории США и Евросоюза за последние 5–7 лет не построено ни одной угольной ТЭС, добавляет старший директор АКРА Максим Худалов. По его словам, закрытие сегмента по производству оборудования для угольных станций GE — это, с одной стороны, признание факта, что новых заказов нет и сегмент не работает. С другой — решая рядовую бизнес-задачу, американская корпорация сделала эффектный PR-ход, продемонстрировав приверженность идее отказа от угольной генерации, отмечает он. «Отказ от ископаемого топлива, в первую очередь угля, — действительно очень модная сейчас тема среди инвесторов. Но говорить о смерти угольной энергетики пока рано, она не будет развиваться в ближайшее время только на Западе», — подчеркивает Худалов. При этом Россию можно назвать пионером в этом процессе: еще в 1980-х гг. в центральной части СССР начался перевод части электростанций с угля на газ. Поэтому доля угля в генерации у нас сравнительно небольшая — около 15%, доля атомной электроэнергетики составляет 18%, гидроэнергетики — около 20%, доля электричества, произведенного с помощью газа, — порядка 50%, добавляет Худалов.

Доля угля на мировом рынке электроэнергии



• **Последний банк русского капитализма.** В сентябре 1917 года, буквально за месяц до падения, Временное правительство выдало разрешение «на открытие действий» Русско-Бухарскому банку. Едва ли в тот момент кто-либо догадывался, что эта кредитная организация станет последним коммерческим банком, учрежденным в бывшей Российской империи до социалистической революции.

Впрочем, Русско-Бухарский банк даже без этого колоритного факта мог считаться весьма необычным. Создавался он на территории Бухарского эмирата — своеобразной автономии, существовавшей в царской России после покорения Средней Азии. Эмират располагался на землях современного Узбекистана, Таджикистана и Туркмении. Его глава — в 1917-м им был Сеид Алим-хан, потомок возникшей еще в XVIII веке династии, — полностью подчинялся Российской империи в сфере внешней политики, но внутри эмирата правил как абсолютный монарх, даже скорее как типичный восточный деспот.

Эмир имел все атрибуты суверенной власти, вплоть до собственной армии. Однако экономика Бухары была плотно связана с северной метрополией — к началу XX века доходы все еще средневекового эмирата обеспечивал среднеазиатский хлопок, критически важный для российского рынка.

С началом Первой мировой войны хлопок, без которого невозможно производство не только самых массовых тканей, но и артиллерийского пороха, стал еще более прибыльным бизнесом. И в ноябре 1916-го Бухарский эмират заключил беспрецедентный договор с группой российских капиталистов. Мирза Насрулла Бий Кушбеги, визирь эмира и глава правительства эмирата, предоставил Торгово-промышленному товариществу «Иван Стахеев и Ко» исключительные права «в пределах Бухарских владений возводить на местах по своему выбору всякого рода заводы и фабрики, заниматься всякого рода строительством, производить всякого рода торговли». Товарищество же обязалось инвестировать в эмират не менее 5 млн руб. и «заниматься устройством в стране хлопчатобумажных, шерстяных, кожевенных производств, мельниц, фабрик и заводов».

Фирма «Иван Стахеев и Ко» к тому времени была весьма крупным игроком на российском рынке. Свою родословную она вела от купца Стахеева, разбогатевшего на торговле поволжским хлебом еще в XIX веке.

Накануне Первой мировой войны наследники Стахеева не только торговали зерном по всей империи, от Челябинска до Хельсинки, но и владели всем циклом производства — от обширных сельхозугодий до грузовых пароходов и хлебозаводов. Помимо зерна наследники Стахеева в партнерстве со знаменитыми Нобелями занимались нефтью. Также они владели рядом фабричных производств на паях со столь же знаменитыми промышленниками Путиловыми.

Возникшее в годы Первой мировой Торгово-промышленное товарищество «Иван Стахеев и Ко» стало именно объединением капиталов Стахеевых и Путиловых. Хлопок Бухары показался им весьма перспективным направлением совместных инвестиций.

Любопытно, что МИД Российской империи выступил против договора коммерсантов с эмиром, ведь фирма «Иван Стахеев и Ко» становилась фактическим монополистом в Бухаре. Однако лоббистские возможности Стахеевых и Путиловых оказались сильнее МИД — правительство Российской империи утвердило договор в феврале 1917 года, буквально за несколько дней до падения монархии.

В отличие от своего российского коллеги, монарх Бухары Сеид Алим-хан в том году на троне усидел.

И пока в России бушевали политические страсти, фирма «Иван Стахеев и Ко» пыталась осваивать среднеазиатский рынок. Одним из инструментов освоения стал Русско-Бухарский банк. Его планировалось учредить в столице эмирата совместно с двумя крупнейшими кредитными организациями страны — Русским торгово-промышленным и Русско-Азиатским банками.

4 сентября 1917 года Министерство финансов уже не Российской империи, а Российской республики утвердило устав нового банка. Его капитал составил 5 млн руб., четверть суммы внесли в том же сентябре. С октября банк получил право начать операции, но по известным причинам к ним так и не приступил.

• **ОПЕК нефть не сдает.** Нефть сохранит ведущие позиции в мировом энергобалансе еще как минимум 25 лет, уверены в ОПЕК. Отраслевые аналитики, напротив, делают ставку на возобновляемые источники энергии.

Нефть останется доминирующим источником энергии в мире вплоть до 2045 г., сохранив свою долю в мировом энергобалансе на уровне около 30%. Об этом говорится в ежегодном обзоре ОПЕК World Oil Outlook 2020, опубликованном 8 октября. В целом на ископаемые виды топлива — нефть, газ и уголь — совокупно придется 72,5% мирового энергобаланса, следует из доклада организации.

В целом, как ожидает ОПЕК, спрос на первичные источники энергии — нефть, газ, уголь, АЭС и возобновляемые источники — вырастет с 289,1 млн барр. нефтяного эквивалента (н. э.) в сутки в 2019 г. до 361,3 млн в 2045 г. При этом нефть останется топливом с наибольшей долей в энергобалансе, хотя она и сократится с 31,5% в 2019 г. до 27,5% в 2045 г., а доля

газа за тот же период возрастет с 23,1 до 25,3%. В абсолютном выражении спрос на нефть может вырасти за тот же период с 91 млн до 99,5 млн барр. н. э./сутки, а спрос на газ — с 66,9 млн до 91,2 млн барр. н. э. в сутки. В то же время в ОПЕК прогнозируют сокращение доли угля с 26,7% в 2019 г. до 19,7% в 2045 г. Остальные 27,5% в энергобалансе займут атомная генерация, а также гидростанции и другие возобновляемые источники энергии (ВИЭ). А самые быстрые темпы роста среди всех источников энергии продемонстрируют солнечная, ветряная и геотермальная энергия — суммарно на 6,6% в год.

Таким образом, в долгосрочной перспективе ОПЕК продолжает придерживаться консервативных взглядов на будущее энергетики. В прошлогоднем докладе организация прогнозировала, что в 2040 г. доля газа в мировом энергобалансе будет составлять 25,2% (90,3 млн из 357,5 млн барр. н. э./сутки), а доля нефти — 28,2% (при росте в абсолютном выражении до 100,7 млн барр./сутки). В новом докладе ОПЕК расширила горизонт прогнозирования еще на пять лет, однако взгляд на перспективы глобального энергобаланса существенно не изменился.

Анализируя эти прогнозы, нужно делать поправку на то, что они представлены ОПЕК — организацией, деятельность которой связана именно с нефтью, говорит директор по исследованиям Yugon Consulting Мария Белова. В базовых сценариях большинства существующих сегодня прогнозов (от Международного энергетического агентства, IEA, и Мирового энергетического совета, WEC) предполагается, что нефть будет основным источником энергии до 2035 г., тогда как ОПЕК дает прогноз до 2045 г., добавила она. Белова отмечает, что изменение структуры глобального топливно-энергетического баланса происходит медленно: 25 лет назад доля нефти составляла 39% против текущих 33%, а газа — 21% против 24%. Прежде всего это связано с инвестиционными циклами и неэластичностью спроса на углеводороды на коротком временном промежутке, объясняет эксперт. «Но BP прогнозирует, что в следующие 30 лет доля возобновляемых источников будет расти темпами, которые не были свойственны ни одному энергоресурсу с 1900 г.», — добавляет Белова.

В последние 10 лет промышленные компании ищут альтернативу нефти, и эти попытки оказываются удачными. Например, электротранспорт в его различных формах — от электросамокатов до электромобилей — отвоевывает долю на рынке, говорит доцент кафедры экономической теории РЭУ им. Г. В. Плеханова Олег Чередниченко. Это влияет на расстановку сил в глобальном энергобалансе. Но до 2045 г. кардинальных изменений ждать не стоит, полагает он.

Основная проблема развития возобновляемых источников заключалась в стоимости технологий, но она постепенно снижается, отмечает директор практики оказания консультационных услуг компаниям энергетической отрасли PwC в России Дмитрий Стапран. По его словам, с 2010 по 2019 г. стоимость создания

ветряных электростанций снизилась на 30–40%, а солнечных — примерно на 80%. Другая проблема — нестабильность выработки электроэнергии, говорит аналитик. По его словам, ее можно решить за счет накопителей электроэнергии, стоимость которых также падает с каждым годом. Стапран отмечает, что «зеленая энергетика не выделяет парниковых газов и в этом смысле ее вклад в замедление глобального потепления сложно переоценить, хотя в цепочке создания стоимости есть кремний, алюминий и т. д. (которые также оказывают негативное влияние на окружающую среду)». Так или иначе, возобновляемые источники уже занимают до четверти в энергобалансах в Германии, Португалии, Испании, Великобритании и эта доля будет расти, уверен Стапран.

• Сбалансированное развитие.

— Целью Энергетической стратегии является сбалансированная модель развития, отвечающая трендам в развитии территорий и формирования технологического лидерства отрасли на мировом рынке, рассказал заместитель министра энергетики Российской Федерации Евгений Грабчак в ходе сессии «Будущее энергетики».

Замглавы Минэнерго отметил, что территория России в плане развития Энергетической стратегии до 2035 года разделяется на две зоны: зону экономической активности с высокой плотностью населения (Европа, Южный и центральный Урал, Южная Сибирь, Хабаровский край) и зону перспективного освоения с низкой плотностью населения, но перспективами в плане добычи природных ресурсов и новых проектов. К этой территории относятся Арктическое побережье вдоль Северного морского пути, Северный Урал и Восточная Сибирь.

Евгений Грабчак пояснил, что мероприятия в рамках стратегии на территориях перспективного освоения осуществляются в уникальных климатических и экономических условиях, что дает компаниям отрасли возможность сформировать уникальные технологические и производственные компетенции, которые будут способствовать повышению их конкурентоспособности на мировых рынках. Основной тренд в развитии территорий экономической активности — это формирование крупных агломераций с высокой плотностью населения и повышенными требованиями к доступной мощности.

• ПС 500 кВ без круглосуточного дежурства.

Проект дистанционного управления, реализованный «Россети ФСК ЕЭС» (ПАО «ФСК ЕЭС») и Системным оператором (АО «СО ЕЭС») на подстанции 500 кВ «Преображенская», позволил перевести энергообъект на работу без круглосуточного дежурства оперативного персонала.

Такая схема обслуживания подстанции сверхвысокого класса напряжения 500 кВ применяется впервые в России.

Подстанция мощностью 501 МВА введена в эксплуа-

тацию в июле 2019 года. Это энергообъект нового поколения, оснащенный современным оборудованием, средствами автоматизации и цифровой связью. Осенью 2019 года «Преображенская» стала первым питающим центром магистральных электросетей Урала, где реализовано дистанционное управление.

Внедрение технологии позволило повысить надежность работы и качество управления электроэнергетическим режимом Оренбургской энергосистемы за счет сокращения времени производства переключений (в 5–10 раз), минимизации риска ошибочных действий сотрудников, увеличения скорости ликвидации технологических нарушений.

В начале 2020 года по итогам успешной эксплуатации системы дистанционного управления было принято решение об изменении вида оперативного обслуживания подстанции. Работа проводилась по согласованному с Системным оператором плану-графику, включавшему в себя ряд организационно-технических и противоаварийных мероприятий.

Подстанция 500 кВ «Преображенская» обеспечивает надежность электроснабжения предприятий АО «Оренбургнефть» (входит в НК «Роснефть»), участвует в перетоках мощности между энергосистемами Урала и Волги.

• **Началось строительство нового энергоблока Заинской ГРЭС.** Заинская ГРЭС в соответствии с распоряжением Правительства РФ вошла в перечень генерирующих объектов, мощность которых поставляется по договорам купли-продажи (поставки) мощности модернизированных генерирующих объектов (КОММОД). Это крупнейшая тепловая электростанция Татарстана, входящая в состав АО «Татэнерго».

Проект модернизации Заинской ГРЭС предусматривает вывод из эксплуатации устаревших паровых турбин совокупной мощностью 804,9 МВт, имеющих удельный расход топлива 350 г/кВт·ч, и сооружение современного парогазового энергоблока мощностью 850 МВт производства General Electric с удельным расходом топлива менее 200 г/кВт·ч. В проекте используются сверхмощные газовые турбины с высокой эффективностью парогазового цикла. Коэффициент полезного действия ПГУ Заинской ГРЭС должен составить рекордные для России 64,6%, что позволит от-

нести новую ПГУ к числу самых эффективных в мире. Ввод в работу запланирован на 1 января 2025 года.

В приветственном слове глава Системного оператора Борис Аюев отметил, что в электроэнергетическом комплексе Республики Татарстан используются самые передовые из имеющихся в стране технологий. Среди таких проектов он выделил внедрение на подстанциях цифровых технологий дистанционного управления оборудованием, ввод в работу нового высокоэффективного современного генерирующего оборудования, участие ПАО «КАМАЗ» в пилотном проекте по агрегации управления спросом потребителей розничного рынка электроэнергии.

Строительство новой высокоэффективной ПГУ на Заинской ГРЭС — продолжение всей этой важной работы по повышению эффективности российской электроэнергетики, которая ведется слаженной командой энергетиков Татарстана и руководством республики, подчеркнул председатель правления АО «СО ЕЭС».

• **Электропотребление в ОЗП может вырасти на 1,6%.** Минэнерго ожидает роста потребления электричества в осенне-зимний период на 1,6% в годовом выражении.

Об этом сказал министр энергетики Александр Новак 9 сентября на совещании президента России Владимира Путина с членами правительства.

— Несмотря на снижение потребления электроэнергии с начала этого года на 2,3%, мы ожидаем, что во время прохождения осенне-зимнего периода увеличение потребления составит по сравнению с прошлым годом 1,6%, — сказал глава Минэнерго в эфире телеканала «Россия 24». По его словам, более 90% объектов электроэнергетики готовы к прохождению осенне-зимнего периода.

Глава Минэнерго отметил регионы с наиболее эффективной подготовкой к ОЗП — ими стали Татарстан, Коми, Краснодарский и Пермский края, Калужская, Ленинградская и Ростовская области. Также министерством утвержден перечень энергосистем, энергорайонов, характеризующихся высокими рисками нарушения энергоснабжения. Ранее в России таких регионов было восемь, на 2020–2021 годы их осталось всего два — это Республика Дагестан и отдельные энергорайоны Иркутской области, отметил министр.



ДО ГОРИЗОНТА СОБЫТИЙ: ФАКТЫ, МНЕНИЯ, МЕТАФОРИЗМЫ

О происхождении жизни на Земле



На МКС завершился эксперимент, который доказал, что источник жизни на Земле мог лежать за ее пределами. На протяжении трех лет на внешней стенке космической станции располагались бактерии дейнококки. После чего их вернули на Землю, где некоторые из них выжили и смогли размножиться.

Таким образом оказался преодолён основной барьер для развития живых организмов — радиационное излучение, от которого в открытом космосе не защищает атмосфера планеты. По заверению ученых из Японии, проводивших эксперимент, возможный срок жизни таких бактерий в открытом космосе составляет от двух до восьми лет.

Теоретически это подтверждает возможность панспермии, согласно которой жизнь могла попасть на Землю из-за пределов — например, с Марса или других планет Солнечной системы — с помощью астероидов или метеоритов, упавших на поверхность.

О войнах IT – гигантов в США

В американском IT-секторе разворачивается новая война гигантов. Главными ее участниками стали Apple и компания Epic Games, создавшая одну из самых популярных игр в мире Fortnite, а также широко используемую игровую платформу для разработчиков Unreal Engine.

Яблоком раздора стала 30-процентная комиссия, которую Apple традиционно берет с разработчиков за внутриигровые покупки, совершенные игроками. К слову, ранее претензии в связи с такой комиссией в адрес Apple и Google высказывал Павел Дуров, основатель мессенджера Telegram.

В начале августа Epic Games отказалась платить эту комиссию при обновлении игры и добавила систему прямых платежей (пользователь-разработчик, минуя владельца платформ iOS и macOS). Apple отреагировала очень быстро и удалила игру из своего фирмен-

ного магазина приложений (так поступил и Google), а также пригрозила удалить профиль Epic Games из AppStore в принципе. Это действие могло бы всерьез ударить и по другим разработчикам игр, поскольку Unreal Engine — популярная платформа среди многих разработчиков.

Но начался суд и по итогам первого заседания компания Apple запретила удалять профиль Epic Games. С другой стороны, обновить игру до новой версии у разработчика уже не получится. По крайней мере, пока между компаниями не будет найден компромисс.

О новых смартфонах

Тайваньский производитель электроники, несмотря на невысокую долю на мировом рынке смартфонов, продолжает выпускать аппараты, которые могут составить конкуренцию Samsung, Huawei, Apple и другим технологическим гигантам. ASUS ZenFone 7 и 7 Pro — новые флагманы компании, которые были представлены на прошлой неделе.

Разработчик продолжил развивать собственную концепцию поворотного блока камер. Вместо того чтобы вшивать фронтальную камеру в дисплей или прятать ее в корпус, как это делают конкуренты, ASUS расположил основные камеры на небольшой площадке, которая может поворачиваться на 180 градусов над дисплеем. Таким образом разработчик убивает сразу двух зайцев: дает пользователям инструмент для высококачественных селфи и при этом избавляет дисплей от каких-либо вырезов.

Смартфоны получили вполне флагманские характеристики: процессоры Qualcomm Snapdragon 865 и 865+ для ZenFone 7 и 7 Pro соответственно, 6–8 Гб оперативной памяти. Еще одной заметной особенностью стал дисплей производства Samsung, который работает на чистоте 90 Гц. Это недотягивает до 120-герцевых дисплеев во флагманах того же Samsung, однако выше стандартных 60 Гц, поэтому изображение будет двигаться плавнее, чем у многих конкурентов.

Покупателей ASUS планирует привлекать также доступной ценой; в отличие от ряда конкурентов, стоимость ZenFone 7 и 7 Pro будет начинаться от 600 и 800 евро соответственно.

Об алгоритмах машинного обучения

50 экзопланет удалось обнаружить благодаря алгоритмам машинного обучения. Они обработали снимки, сделанные телескопом «Кеплер», и продемонстрировали более качественный результат, чем человеческий

анализ с использованием классических математических методов.

О вакцинации от COVID-19

В российской столице началась третья стадия исследования вакцины против коронавируса «Спутник V», первые добровольцы сделали прививку. Об этом сообщила заместитель мэра по вопросам социального развития Анастасия Ракова. Она также отметила, что заявки на участие в исследовании подали 35 тысяч человек.

Введение препарата происходит в два этапа. Сначала добровольцы получают первый компонент вакцины, через 221 день — второй. По словам Раковой, запуск добровольной программы позволит «приблизить момент, когда вакцина станет доступна для каждого».

Министр здравоохранения Михаил Мурашко, в свою очередь, сообщил, что в России запущены информационный ресурс и мобильное приложение для вакцинирующихся. Они помогут установить прямой контакт пациента и разработчика вакцины. «Первый опыт в мире», — подчеркнул чиновник.

И снова ... АУЕ

7 лет колонии общего режима получил бывший военный Николай Бабарик за создание АУЕ-паблика («Арестантское уголовное единство» или «Арестантский уклад един», движение запрещено в РФ) во «ВКонтакте». Соответствующее решение вынес гарнизонный суд Екатеринбурга. Группа в социальной сети существовала с 2011 года, к моменту блокировки в 2018-м она насчитывала более 300 тысяч подписчиков.

Об Александре Лукашенко

39% россиян (по большей части телевизионная аудитория) одобряют действия президента Белоруссии Александра Лукашенко. Об этом свидетельствуют результаты опроса ФОМ. Респонденты считают, что он «свою страну не дает разрушить и не дает ее раздербанить». 21% участников исследования (в основном среди интернет-аудитории) считают, что Лукашенко действует неправильно и «ему пора уйти с президентства».

Хищение в РЭА

603 миллиона рублей похитил у государства замминистра энергетики Анатолий Тихонов, считает следствие. Предположительно, средства выделялись министерством на создание информационной системы. Сторона обвинения утверждает, что чиновник организовал махинацию, будучи директором госпредприятия «Российское энергетическое агентство». Тихонов задержан, свою вину не признает.

И снова ... требования к «Норникелю»

148 миллиардов рублей составляет объем исковых требований Росприроднадзора к «Норникелю». Енисейское межрегиональное управление ведомства подало иск о возмещении экологического ущерба в Арбитражный суд Красноярского края. Разлив 20 тысяч тонн дизельного топлива на норильской ТЭЦ-3 произошел 29 мая. Он загрязнил почву и местные водоемы. Владелец «Норникеля» Владимир Потанин оценивал ущерб максимум в 10 миллиардов рублей.

О создании базы генетической информации

Президент России Владимир Путин поручил создать Национальную базу генетической информации. Документ опубликован на сайте Кремля. Правительство и Курчатовский институт должны обеспечить создание и функционирование информационно-аналитической системы хранения и обработки генетических данных, разработку форматов хранения и передачи этих данных, а также соответствующих поисковых программ.

Ответственные — премьер-министр Михаил Мишустин и директор Курчатовского института Александр Благоев. Кроме того, Путин поручил создать отечественное научное оборудование и расходные материалы, позволяющие проводить исследования «мирового уровня» в области генетических технологий, а также обеспечить разработку школьных курсов модулей по генетике. В мае глава государства говорил, что Россия должна обладать собственной линейкой генетических разработок.

О восстановлении Донбасса



Эксперты Венского института экономических исследований (WIIW) рассчитали, во что обойдется восстановление разрушенного войной Донбасса. Минимальные расходы составят \$21,7 млрд, говорится в опубликованном исследовании. Эта цифра соответствует 40% украинского бюджета за 2018 год или 16% ВВП страны.

В WIIW полагают, что такие расходы Киев не потянет. Рассчитанная сумма складывается из трех основ-

ных компонентов: ущерб, нанесенный физическому капиталу (заводы, оборудование и т. д.), — он оценивается в \$9,5 млрд; стоимость реабилитации человеческого капитала, включая психические и психологические травмы, нанесенные жителям Донбасса (\$8,6 млрд); расходы на восстановление экологии, включая разминирование территории, — это еще \$3,6 млрд.

Австрийцы предлагают Украине поискать необходимые деньги на международном рынке, в частности, выпустить долгосрочные облигации. Войну против непризнанных Донецкой и Луганской народных республик Киев ведет с 2014 года.

О второй волне пандемии коронавируса

Мнение Михаила Костинова, д.м.н., заведующий лабораторией вакцин и профилактики при Институте им. Мечникова: «Никто не даст никакого однозначного прогноза. Переболели у нас, по разным оценкам, от 20 до 30% населения, а массовый иммунитет начинается от 60. Но есть вакцины, есть лекарства, подчёркиваю, в свободном доступе, не по рецептам.

Но кто знает, как поведёт себя болезнь? Подвержен ковид мутации? Вероятно. Одолеют ли имеющиеся у нас препараты мутировавшую заразу? Надеюсь, что да, но гарантий не дам. Я не думаю, что будут массовые закрытия учебных заведений и поголовная удалёнка, но это мои догадки, а не знание, подкреплённое опытом. Всё-таки, думаю, повторения весеннего пика у нас не будет. Хотя в других странах вполне возможно».

Из самолета — на изоляцию



Граждане России, возвращающиеся в страну на самолете, должны будут находиться на изоляции дома до получения результатов тестов на COVID-19. Соответствующее постановление подписала главный санитарный врач Анна Попова.

Документ вступил в силу с 24 сентября. Ранее, в июле,

власти отменили обязательную изоляцию на две недели для прибывающих в Россию. Вместо нее въезжающих обязали предоставлять справку об отрицательном тесте на коронавирус. Если такого документа не оказывалось, им давали три дня на прохождение теста и в случае положительного результата отправляли на карантин до выздоровления. При этом не уточнялось, где именно должны находиться люди на карантине.

Туристические компании не получили никаких инструкций, рассказала РБК исполнительный директор Ассоциации туроператоров России Майя Ломидзе. «Как всегда, все стало известно «вовремя», — посетовала она. По ее мнению, самоизоляция при хорошем раскладе может занять трое суток — до получения результатов теста. По оперативным данным на конец сентября, число заболевших коронавирусом в России превысило 1,1 млн человек.

Удаленка и алкоголь

Норма об увольнении сотрудника за появление в нетрезвом виде не будет распространяться на дистанционную занятость, пишут «Известия» со ссылкой на поправки к законопроекту об удаленной работе.

Кроме того, удаленного сотрудника нельзя будет уволить за прогул в традиционном понимании. Однако его предлагается увольнять, если он не выхолит на связь «более чем на один рабочий день установленного срока, в течение которого работник обязан реагировать на запросы работодателя, связанные с выполнением трудовой функции».

Проректор Финансового университета при правительстве Алексей Сафронов отметил, что при должном исполнении трудовых обязанностей из дома сотрудник сможет находиться в нетрезвом виде хоть каждый день — доказать факт опьянения будет проблематично.

И снова Станислав Ежи Лец ... старое в новом

Новые боги получают в наследство от старых как атрибуты, так и паству.

Из рецензии: «Для этого автора характерна благородная бедность мысли».

Ошибка рождается как правда и лишь потом становится ошибкой.

Не забывайте: если дьявол захочет вас лягнуть, он сделает это человеческой ногой, а не конским копытом.

Снося памятники, сохраняйте пьедесталы — они всегда остаются в цене.

Мне приснился кошмар: перепроизводство чиновни-

ков в государстве, в котором все стали образованными.

И что же нас всё-таки привязывает к этой планете, кроме банальной гравитации?

«С евнухами всегда найдешь то, о чем можно всласть поговорить», — рассказывала одна дама из гарема.

Воскресают легко только покойники. Живым это трудно.

Учитывайте опыт орнитологов! Чтобы писатели могли расправить крылья, им необходима свобода пера.

Не каждый залп орудия становится провозвестником революции.

Чаще сходятся гора с горой, чем человек с человеком.

Мне приснилась действительность. С каким же облегчением я проснулся!

Конституция государства должна быть такой, чтобы она не нарушала конституции гражданина.

Против некоторых людей следует возбудить процесс мышления.

И грязная лужа порой производит впечатление бездны.

Свободу симулировать невозможно!

На инструменте насилия «Песнь свободы» не сыграешь.

Порой колокола раскачивают звонаря.

Всем известно, что людей можно делить по-разному, например на людей и нелюдей. Услышав это, палач удивился: «А я всегда делю их на головы и туловища...»

Запах сена лошади и влюбленные воспринимают по-разному.

Мысли скачут с человека на человека, как блохи. Но не всех кусают.

Случается, что рыба заглатывает крючок вместе с рыбом.

Беда диктаторам, поверившим в то, что они не диктаторы!

Когда запахи фиалки, навоз изрек: «Что ж, работают на дешевом контрасте!»

Один знакомый спросил меня: «Как следует поступить,

обнаружив в своем доме приятеля жены в постели с другой женщиной?»

Количество мыслей нужно умножить до такой степени, чтобы на них не хватало соглядатаев.

Я знал одного типа с полным отсутствием слуха, и если бы он подкрепил это теорией, то, несомненно, совершил бы переворот в истории музыки.

Прекрасная ложь? Осторожно — это уже творчество!

Не говори о человеке плохо. Он подслушивает внутри тебя.

Сочетание вертикали с горизонталью превращается в крест.

Будь у нас искусство беседы на более высоком уровне, прирост населения был бы значительно ниже.

Если бы Бог пустил нас обратно в рай, сегодня наша нагота наверняка показалась бы там старомодной.

Даже в его молчании были очевидны языковые ошибки.

Уже сам знак параграфа похож на орудие пытки.

Никогда не открывай двери тем, кто может открыть их сам.

Сук, на котором сидишь, руби лишь тогда, когда тебя хотят на нем повесить.

В аду дьявол — положительный персонаж.

Можно было бы ввести пожизненное заключение, отягощенное искусственным продлением жизни.

И беспристрастные небеспристрастны. Их пристрастие — справедливость.

Он напоминает вошь на лысине: кругом блеск, а он все равно вошь.

У набатного колокола должно быть отважное сердце.

Букву закона необходимо включить в алфавит.

Мысли некоторых людей так неглубоки, что не достают даже до их голов.

Овца с золотым руном вовсе не была богата.

Розы пахнут профессионально.

На острове Св. Елены можно умереть и не будучи Наполеоном.

В образование фокусника непременно должно входить незнание законов физики.

Я встретил человека настолько неначитанного, что цитаты из классиков ему приходилось сочинять самому.

Вклад саранчи в беспилотники



В ночном небе Санкт-Петербурга состоялось световое шоу «Мирное небо: рекорд-шоу дронов», в котором приняли участие 2200 беспилотников. Мероприятие было приурочено к 75-летию окончания Второй мировой войны.

Инженеры использовали особенности организма саранчи для разработки технологии беспилотного транспорта. Они построили детектор, повторяющий меха-

низм действия нейрона, который помогает саранче очень быстро менять траекторию движения и таким образом избегать столкновений на сравнительно высокой скорости.

Такой метод позволит создавать сверхкомпактные датчики (1 на 5 мкм), которые, в отличие от существующих систем беспилотных автомобилей, тратят на работу очень мало энергии.

Тем временем в России тестирование беспилотных машин ограничивается законодательством. Недавно стало известно, что испытания без инженера-водителя за рулем на дорогах общего пользования будут отложены до 2021 года, хотя ранее планировалось начать этот процесс осенью 2020-го.

Причина переноса — неготовность технологий большинства российских разработчиков. Пока беспилотные автомобили могут ездить: с водителем за рулем на дорогах общего пользования, либо без водителя, но на закрытых территориях (например, в Иннополисе рядом с Казанью).

Вторая причина переноса — борьба с нетрезвыми водителями и третья причина — неготовность ГИБДД к акциям против «блондинок за рулем» из-за их увлечений во время езды смартфонами и косметикой.





ТРЕНАЖЕР ГЛАВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ

Фирма АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ») разработала компьютерный тренажерный комплекс главной электрической схемы станции с ОРУ-220 кВ, ОРУ-110 кВ, КРУ-6 кВ.

Тренажер главной электрической схемы станции прошел приемо-сдаточные испытания.

Тренажер главной электрической схемы станции прошел государственную регистрацию в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Тренажер главной электрической схемы станции может применяться для обучения оперативного персонала электростанции выработке и распределению электрической энергии на электростанциях, в учебных центрах, высших и средних учебных заведениях.

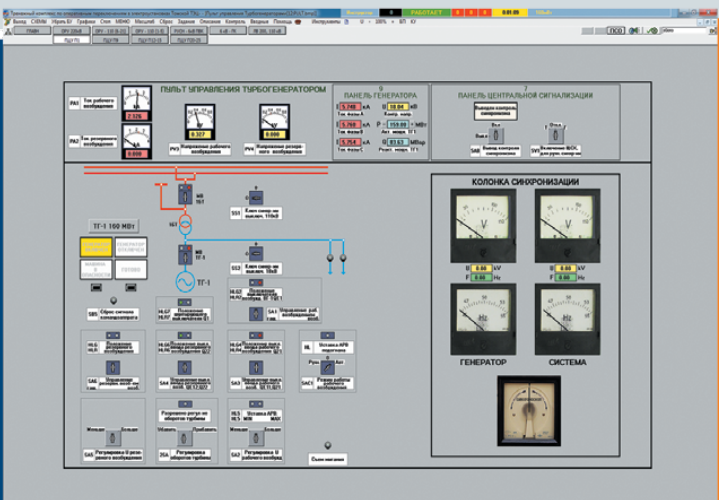
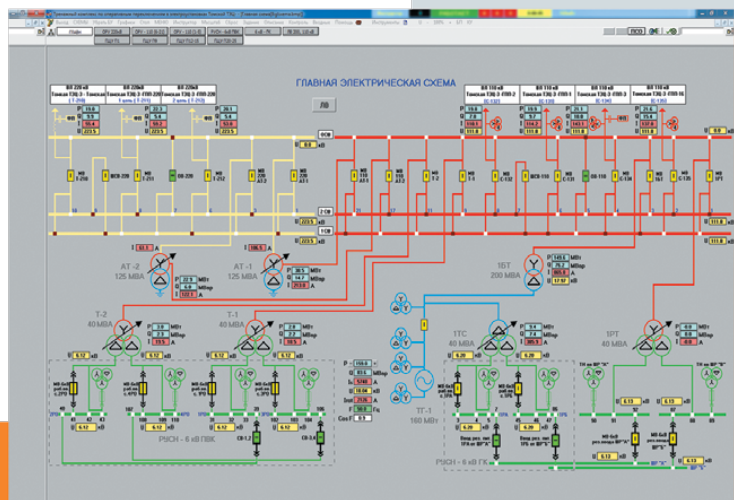


Состав главной электрической схемы станции:

- ОРУ-220 кВ
- ОРУ-110 кВ
- КРУ-6 кВ
- 2 автотрансформатора АТ1, АТ2
- генератор ТВВ-160-2ЕУЗ
- блочный трансформатор 110/18 кВ
- трансформатор собственных нужд 18/6 кВ
- 2 трансформатора 110/6 кВ
- 1 резервный трансформатор 110/6 кВ

Состав тренажера главной электрической схемы станции:

- активные динамические мнемосхемы 12 шт.
- всережимная физическая модель
- модель РЗА (релейных защит и автоматики), блокировок, сигнализаций, АВР
- комплект технических средств (плакаты, УВН)
- развитая конфигурация сети
- пульт инструктора
- комплект аварийных ситуаций
- контролирующая программа
- комплект автоматизированных сценариев тренировок с оценкой
- графопостроение
- сохранение режимов
- система поддержки оператора
- протоколы действий оператора, ошибок, сигнализации, защит, блокировок



АО «Тренажеры электрических станций и сетей»:

117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 Ж, корп. 6
Тел. (495) 665-76-00, факс (495) 382-79-74
e-mail: magid@testenergo.ru, www.testenergo.ru

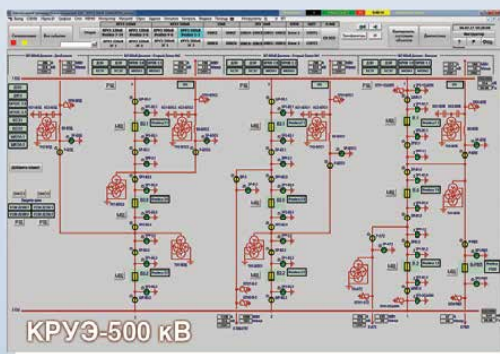


ТЭСТ

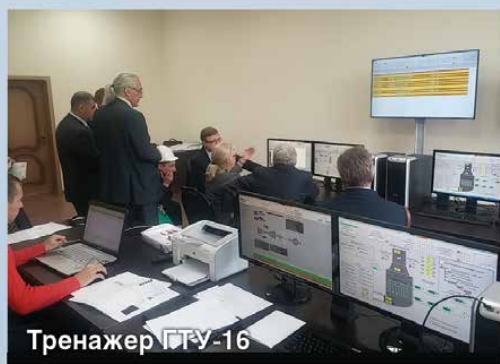
Тренажеры электрических станций и сетей



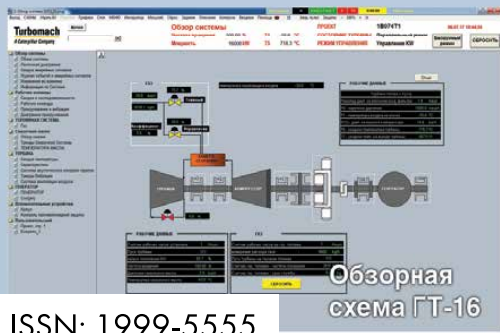
Тренажер Главной
электрической схемы станции



КРУЭ-500 кВ



Тренажер ГТУ-16



Обзорная
схема ГТ-16

Гарантии надежности персонала

- всережимность IT-тренажеров, полная адекватность модели объекта и рабочего места оператора энергообъекту-прототипу
- новейшие компьютерные методы обучения штатному и противоаварийному управлению
- информационное и дидактическое качество обучающих программ
- создание единого тренажерного комплекса для подготовки всего персонала энергопредприятия

Современные информационные технологии

- реализация любых энергообъектов и систем управления
- реализация современных дидактических Web-приложений
- значительное снижение стоимости при росте качества и функциональности
- гибкая интеграция в компьютерную сеть предприятия

Российский и международный опыт

- 40 лет на российском и зарубежных рынках, аккредитация при Правительстве РФ и ЮНЕСКО
- российская нормативная сертификация
- международная сертификация качества
- апробация на российских и международных выставках
- официальная эффективность внедрения на объектах электроэнергетики
- патентная защищенность программного продукта

Россия, 117587, г. Москва,
Варшавское шоссе, 125Ж
Тел.(495) 665-7600, (495) 382-7974
<http://www.testenergo.ru>,
e-mail: magid@testenergo.ru

ISSN: 1999-5555



9 771999 555772

Новые
модели
тренажеров!