

№ 1 (49) март 2020 года

ЭнергоStyle

Наполним жизнь энергией!



Сто лет ГОЭЛРО

Деннис МакКенна: «У нас внушительный список интересных проектов в России»

Молниезащита: необходимы новые нормативы

Метаморфозы: спиральная арматура

ЭнергоStyle



Содержание

- 3 стр. **News**
- 6 стр. **Актуально**
Сто лет ГОЭЛРО
- 8 стр. **Энергоэффективность**
Повышение
энергоэффективности
линий электроснабжения
предприятий
- 14 стр. **Перспективы**
Термоядерный синтез:
прошлое, настоящее...
Будущее?
- 18 стр. **Persona grata**
PLP в России
- 22 стр. **Метаморфозы**
Фотосессия.
Спиральная арматура
- 30 стр. **Нормативы**
Новые нормативы
по молниезащите:
необходимые перспективы
- 36 стр. **Безопасность**
Приоритизация объектов
обслуживания на основе
статистики отказов
- 42 стр. **Электростории**
Крафтовый свет
- 46 стр. **Что. Где. Когда**
Мир энергетики в экспозиции
- 48 стр. **Культпросвет**
«Тризольда»: включаем
энергию!



ЭнергоStyle

март 2020, № 1 (49)

Учредитель:

ООО «УРАЛПРОМ ПЛЮС»

Издатель:

ООО «УРАЛПРОМ ПЛЮС»

Адрес издателя:

620062, Екатеринбург, ул. Генеральская, 7, оф. 513
тел./факс: (343) 375-87-87, 375-88-06, 375-88-09

Главный редактор:

Мария В. Лупанова
m.lupanova@locus.ru

Корректор:

Полина Рожкова

Фото:

Евгений Ланкин

Дизайн, верстка:

Олеся Акулова
akulova_oa@mail.ru

Предпечатная подготовка:

Виталий Носкевич

Авторы:

Игорь Антоненко, Александр Космачев, Мария Лупанова,
Татьяна Мосунова, Мария Орлова, Алексей Ротанов, Олег Чекстер

Адрес редакции:

620062, Екатеринбург, ул. Генеральская, 7, оф. 412
тел./факс: (343) 375-87-87, 375-88-06, 375-88-09

Информация о журнале на www.locus.ru/energostyle

Отпечатано:

ООО «Типография»
620043, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 78, пом. 1
тел. +7 (343) 287-03-52

Периодичность выхода: 1 раз в три месяца

Тираж: 3000 экз.

Дата выхода в свет 24.03.2020

Распространяется бесплатно 16+

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-49255

от 04 апреля 2012 г. выдано Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Перепечатка и цитирование материалов издания возможны
только с письменного разрешения редакции. Ссылка на журнал
«ЭнергоStyle» обязательна. За содержание рекламных материалов
редакция ответственности не несет. Мнение авторов может
не совпадать с точкой зрения редакции. Журнал распространяется
по всей территории России.



Есть важные вехи в жизни страны, без которых нас сегодняшних могло просто не быть. В этом году мы отмечаем 75-летие Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов. Эта война опалила абсолютно всех. Лично я из-за нее так никогда и не увидела двух своих дедушек, погибших на фронте, а мои родители, будучи 6-летними детьми, столкнулись с реальными ужасами оккупации, голодом, и, кстати, не очень охотно про это рассказывали. У каждого из вас тоже есть своя «военная» история семьи. Из личных историй миллионов складывался мучительный путь к общей Победе. Поэтому для меня это по-настоящему важный праздник с неизбежно горьким привкусом потерь.

Еще одно знаменательное событие года — сто лет с момента принятия ГОЭЛРО, который не имел ни теоретических, ни практических аналогов в мировой практике, и стал планом развития, как энергетики, так и всей экономики страны. Конечно, вековой юбилей будет широко праздноваться целый год, но не это главное. Все научно-практические, информационные и другие мероприятия станут площадкой для обсуждения проблем современной отечественной электроэнергетики. Впрочем, о путях их решения думают не только в «датские» дни: будь то поиск возможностей и технических решений, позволяющих промышленным предприятиям сократить объемы энергопотребления, или внедрение риск-ориентированного подхода к управлению активами. Широкомасштабное внедрение недорогих эффективных систем молниезащиты и разработка с введением на законодательном уровне новых нормативов по ним. История и современность неизбежно переплетаются. Всеобщая электрификация страны сто лет назад и сегодняшняя тотальная цифровизация мира; сохранившиеся первые электростанции, многие из которых уже не работают, но продолжают жить как памятники архитектуры или даже арт-объекты. Жизнь течет, все меняется, но, как написал мудрый Михаил Жванецкий, «ценности остаются прежними: честность, порядочность, ноги подруги, плечи ребенка, беседа с умным, молчание с ним же, гости издалека, цикады ночью, утренний запах сада, бесшумная походка кошки, книги, дающие возможность жить не здесь, и нормальная дружба, когда обоим ничего не надо...». Чего всем и желаю.

Мария Лупанова, главный редактор

«Умные города» Арктики

В феврале состоялась V Международная конференция «Арктика-2020». На круглом столе «Комфортная городская среда в условиях Крайнего Севера и Заполярья» главы арктических городов, эксперты и представители бизнеса обсудили основные потребности северо-восточных регионов и реализацию нацпроекта «Жилье и городская среда». Росатом разработал комплексный продукт для модернизации инфраструктуры и цифровизации городов и регионов, решения которого применимы и в условиях Арктики. Это решения по управлению системами ресурсообеспечения (водоснабжением и водоотведением, энергоснабжением, городским освещением), созданию ситуационных центров и центров диспетчеризации, а также цифровые сервисы «Умный город» на базе интеграционной платформы («Городское управление», «Активный горожанин», «Туризм»). На данный момент к проекту «Бережливый умный город» подключились 18 городов.

— Благодаря нашим цифровым решениям повышается экономическая эффективность проектов, реализуемых в области ЖКХ, и систем городского ресурсообеспечения, у города появляется возможность модернизировать и обновить коммунальную инфраструктуру, которая, как правило, находится в плачевном состоянии, — рассказал Антон Зубков. — Мы также можем разработать дополнительные сервисы и услуги в зависимости от запросов и потребностей муниципалитета.

22 стандарта

«ФСК ЕЭС» утвердила 22 стандарта производства типовых шкафов РЗА и АСУ ТП для магистральных и распределительных сетей. Подобная нормативно-техническая база создается в России впервые, ее основой является группа международных цифровых стандартов МЭК 61850. Стандарты регламентируют требования к построению типовых шкафов по традиционной схеме и с использованием цифровых протоколов. В обсуждении проектов документов принимали участие производители электротехнического оборудования, представители регуляторов и АО «СО ЕЭС».

Стандарты регламентируют требования к построению типовых шкафов трех различных архитектур технологических систем (по традиционной схеме и с использованием цифровых протоколов передачи данных). Действие стандартов распространяется на оборудование 6–750 кВ, применяемое в магистральных и распределительных сетях. Таким образом, наработанный пакет решений может быть тиражирован в масштабе отрасли. Использование типовых решений позволяет сформировать единые подходы к выбору состава функций устройств РЗА и АСУ ТП и применению цифровых технологий по международному стандарту МЭК 61850. Производители смогут поставить выпуск электротехнического оборудования «на поток», электросетевые компании — увеличить скорость проектирования и оптимизировать затраты на строительство и реконструкцию энергообъектов.



Надежная защита

Россети ФСК ЕЭС (ПАО «ФСК ЕЭС») ввели в промышленную эксплуатацию инновационную систему селективного автоматического повторного включения кабельно-воздушных линий (САПВ КВЛ) на одном из участков Московского энергокольца — КВЛ 500 кВ «Западная — Очаково». Она повысит стабильность столичной энергосистемы в целом, а также надежность электроснабжения потребителей юго-западных и западных районов Москвы и Московской области. Система разработана в рамках реализации программы НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС», совместно специалистами Научно-технического центра Россети ФСК ЕЭС (АО «НТЦ ФСК ЕЭС») и Всероссийского НИИ релестроения (ОАО «ВНИИР», входит в «АБС Электро»).

Особенностью разработанной системы САПВ КВЛ является возможность ее применения на кабельно-воздушных линиях сложной конфигурации (имеющей до 4-х кабельных участков) или на 4-х КВЛ, имеющих по одному кабельному участку. При этом интеллектуальная система, обладая абсолютной селективностью, способна в момент отключения точно определять место повреждения и запрещать либо разрешать автоматическую повторную подачу напряжения на КВЛ в зависимости от того кабельный (включая кабельные муфты) или воздушный участок линии поврежден. Это позволяет сократить время простоя КВЛ без напряжения, значительно снизить время и стоимость ремонтных работ.



ЛЭП-«Богатырь»

Во Владимире на пересечении федеральной автомобильной дороги М-7 «Волга» и ул. Добросельской встал ЛЭП-«Богатырь». Место установки энергообъекта было определено по результатам голосования жителей региона, проведенного летом 2019 года. Модернизация опоры ЛЭП проведена в рамках мероприятий по реконструкции участка воздушной линии 110 кВ «Районная — Пенкино». Высота опоры чуть более 29 м, ширина — 13,8 м, общий вес — более 42 т. Стилизованная опора, выполненная в образе древнерусского воина-защитника Владимиро-Суздальской земли XII–XIII вв., будет хорошо просматриваться с любого направления, а в ночное время — подсвечиваться.

— Интеграция сетевых объектов в городскую среду — одна из составляющих концепции цифровой трансформации. Уверен, что стилизованная опора с подсветкой, гармонично вписанная в ландшафт, выполнит помимо технологической, еще и эстетическую функцию и станет новым архитектурным символом региона, — считает глава компании «Россети» Павел Ливинский.

«Перепрошивка» энергокомплекса

Компания «Россети Волга» приступила к реализации масштабных проектов, запланированных в рамках Концепции ПАО «Россети» «Цифровая трансформация — 2030». Цель — полная «перепрошивка» энергетического комплекса через переход на цифровые технологии. Срок выполнения программных мероприятий — ближайшие 10 лет.

Ряд проектов будет реализован уже в текущем году. В рамках направления «Цифровое управление компанией» запланирована модернизация системы расчета зарплаты и управления персоналом 1С. В рамках второго направления будет совершенствоваться система управления производственными активами. Методики, положенные в основу автоматизации управления производственными активами, разработанные Минэнерго, едины для всех дочерних предприятий ПАО «Россети». В 2020 году продолжится внедрение технологии «Цифровой электромонтер». А также запланировано внедрение геоинформационной системы (ГИС), предназначенной для сбора, хранения, анализа и визуализации данных о ресурсах компании с привязкой их к местности.

— Концепция цифровой трансформации компании «Россети» — это новое слово в организации работы энергетического комплекса страны. Информационные технологии — это инструмент. С его помощью трансформируются основные бизнес-процессы и повышается их эффективность, — подчеркивает начальник департамента корпоративных и технологических АСУ «Россети Волга» Вадим Гурьянов.

ВИЭ Сибири

В Объединенной энергосистеме Сибири в 2019 году была введена треть от общего объема новых ВИЭ в ЕЭС России. Последним (восьмым) из проектов прошлого года стала Чемальская солнечная электростанция (СЭС) группы компаний «Хевел» мощностью 10 МВт на территории Республики Алтай. Прогнозная годовая выработка солнечных электростанций Республики Алтай на 2020 год превышает 127 млн кВт·ч, что способно обеспечить покрытие около 23 % объема потребления электроэнергии в этом регионе.

В 2020 году планируется внедрить на Ининской, Усть-Коксинской и Чемальской СЭС дистанционное управление активной и реактивной мощностью электростанций из диспетчерского центра Системного оператора. При этом будут использованы технические и организационные решения, опробованные при успешной реализации завершеного в ноябре 2019 года пилотного проекта по организации дистанционного управления мощностью Майминской СЭС из Новосибирского РДУ. Кроме того, в планах реализация совместного проекта группы компаний «Хевел» и АО «СО ЕЭС» по установке системы накопления электроэнергии (СНЭЭ) на работающей с 2014 года в Республике Алтай Кош-Агачской СЭС.



Программа двойного образования

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) впервые состоялось вручение дипломов магистрам, прошедшим обучение одновременно по двум специализированным программам подготовки специалистов для АО «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»). Дипломы по специальности «Информационные технологии в электроэнергетике» получили 15 студентов. Первые дипломы о высшем образовании по направлению «Электроэнергетика и электротехника» и дополнительной профессиональной программе «Управление режимами электроэнергетических систем» магистранты получили в июне 2019 года.

Учебная программа была разработана сотрудниками Филиала АО «СО ЕЭС» «Объединенное диспетчерское управление энергосистемы Сибири» (ОДУ Сибири) в тесном сотрудничестве с преподавателями ТПУ под руководством д.т.н., профессора Юрия Боровикова, с учетом практических задач, которые предстоит решать молодым специалистам в диспетчерских центрах Системного оператора. В ходе обучения студенты прошли стажировку и производственную практику в филиалах АО «СО ЕЭС» — региональных диспетчерских управлениях (РДУ) и Объединенных диспетчерских управлениях (ОДУ).

Закон о развитии микрогенерации

30 декабря 2019 года вступил в силу Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации». С принятием этого закона потребители, установившие у себя объект микрогенерации (например, солнечную панель), выдающий во внешнюю сеть максимальную мощность не более 15 кВт, смогут продавать гарантирующим поставщикам и иным энергосбытовым компаниям непротребленные на собственные нужды излишки электроэнергии, полученные от микрогенерации. Гарантирующие поставщики, в свою очередь, будут обязаны такие излишки покупать по средневзвешенной цене оптового рынка. Чтобы воспользоваться правом продажи электроэнергии, необходимо технически присоединить объект микрогенерации к местным сетям, а также заключить договор купли-продажи с гарантирующим поставщиком, в зоне покрытия которого находится мини-станция.

Программа завершена

С вводом парогазовой установки мощностью 219,6 МВт (ПГУ) Воронежской ТЭЦ-1 ПАО «Квадра» завершена программа ввода объектов, построенных по программе договоров о предоставлении мощности на оптовый рынок генерирующими компаниями (ДПМ), начатой в 2010 году. В рамках программы ДПМ в ЕЭС России введено 136 генерирующих объектов на 92 ТЭС с увеличением установленной мощности электростанций на 25 583 МВт и двух ГЭС с увеличением установленной мощности электростанций на 76 МВт. Выполнение программы ДПМ обеспечило повышение эффективности и экономичности работы оборудования ТЭС ЕЭС России за счет ввода в эксплуатацию 67 парогазовых энергоблоков в объеме более 19 ГВт (74,5 % от суммарных объемов вводов ДПМ на ТЭС), в том числе ввода более 20 крупных энергоблоков установленной мощностью 400 МВт и более.

Ввод большого объема современного высокоманевренного оборудования на электростанциях страны не только обеспечил наличие высокоэффективных мощностей в ЕЭС России в целом, но и решил целый ряд существовавших на начало периода реализации программы ДПМ локальных проблем с обеспечением надежного электроснабжения потребителей. Среди основных можно выделить решение острых проблем с надежностью электроснабжения в энергосистемах Москвы и Московской области, Санкт-Петербурга и Ленинградской области, с ликвидацией локальных дефицитов в ЕЭС России. Ввод нового оборудования дал возможность вывести из эксплуатации почти 9,5 ГВт старого и неэффективного оборудования на ТЭС, участвовавших в реализации программы ДПМ.

Сто лет ГОЭЛРО

Мария Орлова

Коммунизм есть Советская власть плюс
электрификация всей страны,
ибо без электрификации поднять
промышленность невозможно.
В. И. Ленин

ГОЭЛРО (Государственная комиссия по электрификации России) — орган, созданный 21 февраля 1920 года для разработки проекта электрификации России после Октябрьской революции 1917 года. Аббревиатуру часто расшифровывают и как Государственный план электрификации России (то есть продукт комиссии ГОЭЛРО) — первый перспективный план развития экономики, принятый и реализованный в нашей стране после революции. В год столетия этого без преувеличений поворотного для страны события вспомним основные вехи электрификации и узнаем, как планируется отметить юбилей.

В двух словах

План ГОЭЛРО (Государственной комиссии по электрификации России) был принят 22 декабря 1920 VIII Всероссийским съездом Советов, утвержден Советом народных комиссаров 21 декабря 1921 года. План разрабатывался по инициативе В. И. Ленина, в первую очередь для восстановления и дальнейшего развития электроэнергетики. В основу ГОЭЛРО был положен план, разработанный в 1915–1916 годах Г. М. Кржижановским, который обосновал значимость строительства мощных районных электростанций на базе местных топливных и гидроэнергетических ресурсов, а также необходимость их объединения в крупные электроэнергетические системы. Разработка плана осуществлялась сформированной в феврале 1920-го Комиссией ГОЭЛРО во главе с Кржижановским.

Исторический аспект

Идея разработки плана ГОЭЛРО, его концепция, программа и конкретные характеристики восходят к уровню и обстоятельствам развития, как энергетики России, так и в целом всей промышленности на рубеже XIX–XX веков. Россия, как известно, вступила на капиталистический путь позже ряда стран Западной Европы и США и значительно отставала от них по многим важнейшим характеристикам. Обладая, например, огромными природными богатствами, она добывала во много раз меньше полезных ископаемых — угля, железной руды и даже нефти, чем США, выплавляла гораздо меньше чугуна и стали. Но темпы промышленного развития России были более высокими, чем на Западе: только в 90-е годы XIX века ее промышленное производство выросло вдвое, а в тяжелой промышленности — почти втрое. Но, несмотря на это, а также на дешевый рынок рабочей силы и мощный приток иностранного промышленного капитала, Россия даже в 1913 году продолжала отставать от ведущих стран мира.

Примерно таким же, как в промышленности, было и положение в электроэнергетике. В том же 1913 году в России на душу населения вырабатывалось всего 14 кВт·ч (для сравнения: в США — 236 кВт·ч). Все строившиеся в России электростанции — в Москве, Санкт-Петербурге, Киеве, Баку, Риге и т.д. имели ограниченное (от одного до нескольких десятков) число потребителей и энергетически связаны между собой не были. Кроме того, значения величин их тока и частот имели колоссальный

разброс, поскольку никакой единой системы при разработке этих станций не существовало.

ГОЭЛРО был планом развития ни одной только энергетики, а всей экономики страны. В нем предусматривалось строительство предприятий, обеспечивающих эти стройки всем необходимым, и развитие электроэнергетики, которое должно было идти впереди — быть локомотивом всего мероприятия. И все это привязывалось к планам развития территорий. Среди них, заложенный в 1927 году, Сталинградский тракторный завод. В рамках плана также началось освоение Кузнецкого угольного бассейна, вокруг которого возник новый промышленный район.

Рассчитанный на 10–15 лет, план предусматривал строительство 30 районных электрических станций (20 ТЭС и 10 ГЭС) общей мощностью 1,75 млн кВт. В числе прочих намечалось построить Штеровскую, Каширскую, Нижегородскую, Шатурскую и Челябинскую районные тепловые электростанции, а также ГЭС — Нижегородскую, Волховскую, Днепровскую, две станции на реке Свирь и др. В рамках проекта было проведено экономическое районирование, выделен транспортно-энергетический каркас территории страны. Проект охватывал восемь основных экономических районов: Северный, Центрально-промышленный, Южный, Приволжский, Уральский, Западно-Сибирский, Кавказский и Туркестанский. Параллельно велось развитие транспортной системы страны (магистрализация старых и строительство новых железнодорожных линий, сооружение Волго-Донского канала).

Первенцы ГОЭЛРО

Каширская ГРЭС стала первой станцией, построенной по этому плану. Она была торжественно открыта 4 июня 1922 года, хотя пробный пуск тока на Москву был осуществлен 30 апреля того же года. На момент ввода в строй станция мощностью 12 МВт была второй по мощности теплоэлектростанцией в Европе. Сейчас электростанция носит имя Г. М. Кржижановского; с 1 января 2020 года установленная мощность станции составляет 410 МВт, а тепловая — 100 Гкал/час.

Постройка *Шатурской ГРЭС* планировалась еще до революции, но началась только в 1923 году. Первая турбина запущена в эксплуатацию 23 сентября 1925 года, вторая — 13 ноября того же года. В декабре 1925 года, на митинге, посвященном открытию электростанции, ей было присвоено имя В. И. Ленина. Позже был введен в эксплуатацию третий агрегат мощностью 16 МВт. Сегодня мощность станции — 1500 МВт.

Волховскую ГЭС также планировалось возвести во втором десятилетии XX века, но помешала Первая мировая война. К этой идее вернулись уже в рамках реализации ГОЭЛРО, и уже в 1926 году, при участии членов правительства, состоялось торжественное открытие станции. Мощность Волховской ГЭС тогда составила 58 МВт. Сегодня мощность этой старейшей в России действующей гидроэлектростанции 84 МВт.

Итоги

Проект ГОЭЛРО положил основу индустриализации в России и был перевыполнен к 1931 году. Выработка электроэнергии в 1932 году по сравнению с 1913-м увеличилась не в 4,5 раза, как планировалось, а почти в 7 раз: с 2,0 до 13,5 млрд кВт·ч. План ГОЭЛРО сыграл в жизни нашей страны огромную роль: без него вряд ли удалось бы вывести СССР в столь короткие сроки в число самых развитых в промышленном отношении стран мира. Реализация этого плана сформировала, по сути дела, всю отечественную экономику и до сих пор в значительной мере определяет ее.

Как в теоретическом, так и в практическом аспекте ГОЭЛРО оригинален и аналогов в мировой практике не имел. Напротив, его уникальность, привлекательность и практическая реальность стали причиной попыток копирования его ведущими странами мира. В период с 1923 по 1931 год появились программы электрификации США (разработчик Фран Баум), Германии (Оскар Миллер), Англии (так называемая комиссия Вейера), Франции (инженеры Велем, Дюваль, Лаванши, Мативз и Моляр), а также Польши, Японии и т. д. Но все они закончились неудачей еще на стадии планирования и технико-экономических разработок.

Юбилейный год

В конце декабря 2019 года Министр энергетики Российской Федерации Александр Новак встретился с активом Совета ветеранов войны и труда энергетиков и Молодежного совета

энергетики при Минэнерго России. Министр рассказал о текущей работе в электроэнергетике и стоящих перед отраслью задачах. Александр Новак отметил, что наступающий 2020 год будет насыщен праздничными мероприятиями. Вся страна отметит 75-ю годовщину Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов, кроме того, в 2020 году исполнится ровно сто лет с утверждения плана ГОЭЛРО. «Несомненно, столетие принятия плана — ключевое событие 2020 года в ТЭК России, и мы планируем отметить его на самом высоком уровне. В частности, провести серию научно-практических, информационных, выставочных, торжественных мероприятий, использовать отраслевой юбилей для обсуждения актуальных проблем современной отечественной электроэнергетики, популяризации профессии энергетика, награждения лучших работников, чествования ветеранов», — сообщил Министр.

В ближайшее время будет утверждена программа мероприятий, однако уже известно, что главной идеей торжеств будет преемственность поколений. Этому посвящена серия мероприятий, в подготовке которых участвуют крупнейшие российские энергетические компании. Известно, например, что Россети предложили идею масштабного светового шоу. Кроме того, к юбилею Плана электрификации готовятся специальным тиражом книги-буклеты, документальные фильмы, открытки и фотографии, отражающие победы в каждом сегменте ТЭК, а также памятные монеты с изображением значимых событий отрасли.

Об истоках

30 декабря 2019 года ПАО «ТГК-1» запустило специальный информационно-просветительский проект «100 лет ГОЭЛРО». Его цель — рассказать о Государственном плане электрификации России, принятом в 1920 году, и великих инженерах, претворивших его в жизнь. Проект знакомит с историей масштабного энергостроительства, судьбами инженеров, внесших неоценимый вклад в развитие энергетики. Для глубокого погружения в атмосферу событий столетней давности к читателям обращаются создатели плана ГОЭЛРО Генрих Графтио и Глеб Кржижановский. Проект объединяет фотографии, исторические документы, воспоминания и факты об электрификации России — свидетельства грандиозного прорыва в жизни страны, историю которого бережно хранит нынешнее поколение энергетиков.

Нижний Новгород. В нижегородском регионе знаковым энергообъектом является уникальный архитектурный гиперболоид — Шуховская башня, имеющая не только практическое значение (она служила опорой переходу линий электропередачи через реку Оку около г. Дзержинска), но и являющаяся произведением искусства. Башня была возведена в рамках реализации плана ГОЭЛРО в 1927–1929 годах. 128-метровая опора построена русским и советским архитектором Владимиром Шуховым по аналогу со 150-метровой Шаболовской телебашней им. Коминтерна в Москве. В 2020 году планируется подарить вторую жизнь этой знаменитой исторической конструкции. Кульминацией реконструкции башни станет ее стилизованная подсветка в виде российского триколора, которая оживит архитектурный образ башни и сделает ее еще привлекательней для туристов. Реализация проекта, в том числе, приурочена к 100-летию ГОЭЛРО и 800-летию города Нижнего Новгорода, которое будет отмечаться в 2021 году.

Хабаровский край. В Хабаровском музее энергетики имени В. П. Боженова тоже стартовал год столетия ГОЭЛРО. История реализации плана на Дальнем Востоке драматична: иностранная интервенция, длившаяся здесь до 1922 года, отсрочила начало строительства в регионе крупных районных электростанций. Дальневосточная Республика не была в составе РСФСР и поэтому не была учтена разработчиками Плана ГОЭЛРО. Но как только одна власть установилась по всей стране, на основе принципов, заложенных в общероссийской программе электрификации, были спроектированы и введены Хабаровская ТЭЦ-2 (ХЭС, 1934), Комсомольская ТЭЦ-2 (ТЭЦ Амурского судостроительного завода, 1935), Артемовская ТЭЦ (Артемовская ГРЭС им. С. М. Кирова, 1936), Майская ГРЭС (ГЭС ДЭСна, 1938). Все они до сих пор служат людям. Экскурсионная программа к 100-летию ГОЭЛРО будет доступна посетителям музея в течение 2020 года.



Повышение энергоэффективности линий электроснабжения предприятий

Александр Космачев, руководитель Центра кабельных технологий и электроснабжения (Санкт-Петербург);
Олег Чекстер, Центр энергосбережения и энергоэффективности электроснабжения объектов связи (Филиал ФГУП ЦНИИС — ЛО ЦНИИС)

Статья печатается с разрешения журнала «Энергосбережение», https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7399

Промышленные предприятия являются крупными потребителями электричества. Постоянное увеличение стоимости электрической энергии оказывает негативное влияние как на себестоимость производимой продукции, так и на другие экономические показатели предприятий. Поэтому возрастает актуальность поиска возможностей и технических решений, позволяющих промышленным предприятиям сократить объемы энергопотребления.

По оценке ведущих экспертов¹, в ближайшие пять лет стоимость 1 кВт·ч для российских промышленных предприятий возрастет на 1,5–2 руб. (рис. 1). Получается, что даже на предприятиях с постоянным уровнем ежегодного потребления электроэнергии в 2023 году расходы возрастут на 30 % без увеличения объемов производства продукции. Значит, нужно искать практические решения данной проблемы.

Оценка возможных решений

Предлагаемые сегодня решения, как правило, соответствуют двум основным подходам:

- сокращение общего энергопотребления за счет замены существующего оборудования (основного производственного фонда) на более энергоэффективное, с малым расходом электроэнергии на собственные нужды. Однако это требует значительных долговременных затрат, которые на длительный период времени снизят доходы предприятий;
- повышение себестоимости выпускаемой продукции, чтобы покрыть дополнительные расходы на электроэнергию. Однако это приведет к увеличению стоимости продукции, а значит, к снижению ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Кроме того, данный путь способствует сохранению негативных последствий, вызванных ростом тарифа на электричество, без возможности изменения существующей ситуации в будущем.

Но существует третий путь, позволяющий решить проблему удорожания электроэнергии, лежащий в рамках выполнения федерального закона № 261-ФЗ² по сокращению сверхнормативного потребления

при транспортировке энергоресурсов, в том числе при транспортировке электричества по линиям электроснабжения. По оценке академика Л. А. Добрусина, сверхнормативные потери при транспортировке электричества даже в магистральных электросетях могут достигать 11–40 % [1]. В линиях электроснабжения, принадлежащих предприятиям-потребителям, значения потерь могут быть даже выше. Поскольку потери электроэнергии при ее транспортировке входят в общий объем потребления электричества предприятиями и увеличивают расходы на ее оплату, то далее будем говорить о решении проблемы сверхнормативного потребления электричества (СНПЭ) при ее транспортировке. Экономически эффективным решением проблемы СНПЭ может быть реализация на предприятиях всех отраслей специальных программ и установка целевых показателей. Например, правительством Московской области в государственной программе «Энергоэффективность и развитие энергетики» на 2014–2020 годы ставится задача сокращения потребления электричества при транспортировке до уровня 12,5 %.

¹ Например, Павел Леонидович Караулан, эксперт Научно-экспертного совета рабочей группы по СЗФО при Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации.

² Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

Таблица 1

Показатели	Потребление электроэнергии	
	Существующее	Оптимальное (без СНПЭ)
Полезное потребление в электроустановках, %	100	100
Сверхнормативное потребление в линиях электроснабжения, %	30	0
Общее электропотребление, %	130	100
Высвобождаемая электрическая мощность (для других целей), %	0	30
Средства, идущие на оплату СНПЭ из-за роста тарифа в течение 5 лет (до 2023 года), млн руб.	100	0
Высвобождаемые средства на оплату электричества на период 5 лет (до 2023 года), млн руб.	0	20–30
Экономическая эффективность	Нет	Да

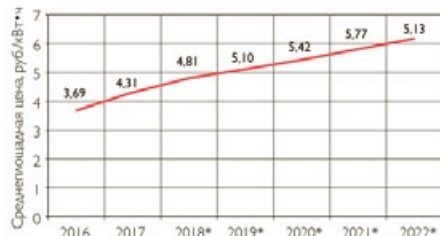


Рис. 1. Прогноз изменения цены электрической энергии для российских предприятий (автор П. Л. Караулан¹⁾)



Рис. 2. Типичные дефекты кабельных линий

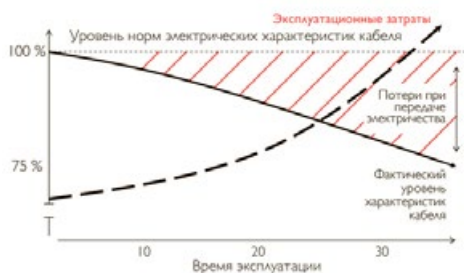


Рис. 3. Рост расходов предприятия при эксплуатации кабельных линий электроснабжения



Рис. 4. Расходы предприятий из-за потерь электричества в собственных кабелях

Проблемы линий электроснабжения предприятий

Большинство линий электроснабжения предприятий имеют длительный период эксплуатации. В результате внешних и внутренних негативных воздействий (рис. 2) в различных местах по всей длине конструкции появляются скрытые дефекты, которые ухудшают условия транспортировки электричества и приводят к СНПЭ. Суммарная величина СНПЭ в кабельных линиях электроснабжения может достигать 30 % и более. При этом, чем больший объем электричества передается по линии электроснабжения, тем быстрее возрастает величина СНПЭ, а значит, и негативные экономические последствия в виде дополнительных расходов.

Кроме того, за время эксплуатации как постоянно увеличивается количество скрытых дефектов (рис. 3) из-за внешних повреждающих воздействий, так и усугубляются уже существующие скрытые дефекты, полученные при изготовлении кабеля на заводе и при прокладке кабельной линии. В результате этого величина сверхнормативного потребления в линиях электроснабжения будет постоянно увеличиваться.

На примере предприятия с ежегодным объемом энергопотребления 1 млн кВт·ч показан экономический эффект, получаемый от ликвидации на нем СНПЭ (табл. 1). Рассмотрен период ближайших пяти лет при увеличении стоимости электроэнергии на 1,5–2 руб./кВт·ч. Очевидно, что ликвидация СНПЭ в линиях электроснабжения позволяет значительно сократить ежегодное потребление электроэнергии и компенсировать дополнительные расходы из-за роста стоимости электричества (рис. 4)

Факторы, тормозящие ликвидацию СНПЭ

Практической реализации сокращения общего энергопотребления за счет ликвидации СНПЭ на предприятиях препятствуют такие факторы, как:

- ограниченные возможности действующей нормативной базы и существующих технических средств для целей достоверного выявления причин и мест СНПЭ в эксплуатируемых линиях электроснабжения. Например, согласно действующим нормативам, необходимо учитывать только один параметр кабельных линий электроснабжения, а именно — сопротивление изоляции;
- недостаточная квалификация технического персонала для организации работ по сокращению общего потребления и ликвидации СНПЭ в линиях электроснабжения с учетом требований и целевых показателей закона № 261-ФЗ;
- отсутствие методик, инструкций, правил и стандартов по выявлению СНПЭ с применением современных технологий и специальных технических средств.

Итак, согласно нормативам, сопротивление изоляции — это основной параметр кабельных линий электроснабжения. По существующей методике заключение о пригодности к эксплуатации ЛЭП в будущий период делается только по сравнению значения сопротивления изоляции с уровнем норм. Другие параметры не оцениваются. Это касается и токоведущих жил, по которым проводится транспортировка электричества.

Для выявления причин СВПЭ требуется применение современной технологии (рис. 5) [2–4], суть которой состоит в выполнении требований закона № 261-ФЗ по выявлению в линиях электроснабжения скрытых дефектов — фактических причин СВПЭ. Получаемые при этом достоверные данные позволяют на практике организовывать и проводить плановые ремонтные работы по ликвидации выявленных дефектов.

В табл. 2 и 3 представлены технико-экономические показатели возможностей выявления СВПЭ при существующей нормативной базе и технических средствах и современной технологии.

Оптимизация затрат на повышение энергоэффективности линий электроснабжения

При достижении экономического эффекта и оптимизации затрат нужно учитывать:

- объем передаваемой электрической мощности;
- данные технического освидетельствования линий электроснабжения;
- длительность эксплуатации линий электроснабжения.

Вначале выявляется группа линий с наибольшим объемом передаваемой электрической мощности и проводится оптимизация затрат путем перераспределения и увеличения этой группы за счет других линий, имеющих меньший экономический эффект от проведения мероприятий по повышению их энергоэффективности. Затем проводится дополнительная коррекция с целью сокращения количества линий в данной группе. Для этого используется коэффициент энергетической эффективности транспортировки электрической мощности (КЭЭ), который определяется для каждой линии как отношение объема переда-



Рис. 5. Сравнение возможностей существующей нормативной базы и современных технологий

ваемой мощности к фактическим потерям. В результате выполняются два основных условия экономической эффективности и срока окупаемости затрат на мероприятия по повышению энергоэффективности линий: во-первых, по объему передаваемой электрической мощности, во-вторых, по потенциалу электросбережения (объему фактических потерь). Сокращение количества линий электроснабжения за счет коррекции позволяет оптимизировать затраты также и за счет линий, где при большом объеме передаваемой мощности нет сверхнормативных потерь электроэнергии, а технологические потери находятся в пределах установленных норм.

Таблица 2. Техничко-экономические показатели информационно-измерительной технологии

№	Показатели	Обоз.	Новая технология	Старая технология
1	Данные о месте скрытых дефектов в кабелях	%	100 %	Нет
2	Предупреждение аварий, сокращение потерь и оплаты за электричество		Да	Нет
3	Практический результат		Восстановление уровня норм	Устранение аварий
4	Срок эксплуатации		Продление на 15–30 лет и далее	Сокращение на 15–30 лет
5	Точность		Даже дефекты при изготовлении	Только возникшая авария
6	Метод обследования конструкции кабелей		Безвредный и безопасный	Разрушающий и опасный
7	Организация работ по предупреждению аварий и восстановлению работоспособности		Увеличение в 4–7 раз и более	—
8	Технологическая дисциплина и персональная		Да	Нет

Таблица 3. Сравнение технико-экономических параметров

Параметры	Существующий уровень	Новая технология
Цель и нормативная база	Ведомственные требования Гостехнадзора электробезопасности и ПУЭ	Выявление причин СВПЭ и их ликвидация, ФЗ № 261
Количество обследуемых электрических параметров	1	4
Обследуемый элемент КЛ	Изоляция	Токоведущая жила
Результат	Отклонение от нормы	Местоположение С ВВПЭ внутри КЛ
Тип / единица измерения	Сопротивление изоляции / мегомы	Длина / метры
Возможности для практического применения	Выполнение требования Гостехнадзора и коэффициент энергетической эффективности транспортировки электрической мощности ПУЭ	Проведение мероприятий ликвидации С ВВПЭ в КЛ
Технические средства	Аналоговые приборы	Информационно-измерительная цифровая технология



Торгово-промышленная палата
Российской Федерации
Присужден в 2003 году



РОССИЙСКИЙ
СОЮЗ ВЫСТАВОК
И ЯРМАРОК
Присужден в 2000 году



Член
Всемирной ассоциации
выставочной индустрии

ПРОЕКТ ФОРУМА
«ВЕЛИКИЕ РЕКИ» / ICEF

ICEF



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ
«ВЕЛИКИЕ РЕКИ»
РОССИЯ, НИЖНИЙ НОВГОРОД, МАЙ 2020



22-я специализированная выставка

ЭНЕРГЕТИКА ЛЕКТРОНИКА

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

РОССИЯ • НИЖНИЙ НОВГОРОД • НИЖЕГОРОДСКАЯ ЯРМАРКА

13–15 МАЯ 2020

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ

- Электротехническое оборудование
- Энергетические установки
- Светотехника
- Измерения и контроль
- Автоматизация
- Инжиниринговые услуги
- «Зеленые» технологии

КОНТАКТЫ

г. Нижний Новгород, ул. Совнаркомовская, д. 13
(831) 277-56-90, 277-54-14
irina@yarmarka.ru
www.yarmarka.ru

В связи с отсутствием данных технических освидетельствований о причинах фактических потерь СНПЭ предлагается инструментальное обследование линий электрообеспечения по современной технологии (рис. 5), соответствующей закону № 261-ФЗ. По фактическим данным инструментальных обследований, по количеству, местоположению и виду скрытых дефектов и повреждений, влияющих на СНПЭ в линиях, проводится выбор конкретных мероприятий, обеспечивающих достижение экономического эффекта.

Для определения экономического эффекта и срока окупаемости вводятся критерий предельно допустимых затрат (ПДЗ) на мероприятия повышения энергоэффективности линий электрообеспечения и ликвидации причины СНПЭ. В количественном выражении объем затрат не должен превышать существующие расходы на оплату СНПЭ, которые включают:

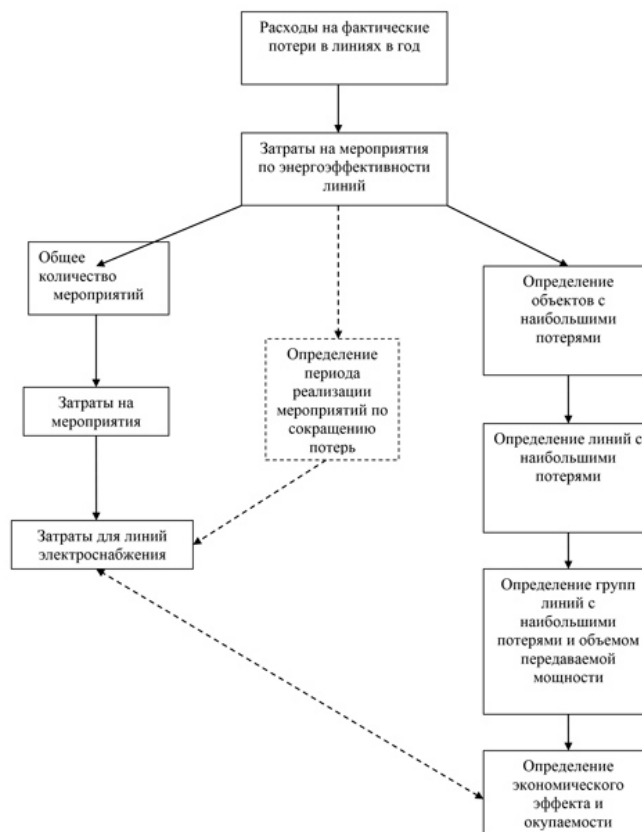
- проведение энергетических обследований и анализ полученных результатов;
- разработку оптимального варианта планово-восстановительного ремонта;
- определение номенклатуры заменяемых элементов и их количество;
- стоимость работ.

Величина ПДЗ для линий электрообеспечения предприятия определяется суммой затрат на обследования + анализ + ремонт/замену + материалы + работу. Экономический эффект в денежном выражении определяется разницей между величиной расходов на электроэнергию из-за СНПЭ и затратами на повышение энергоэффективности линий электрообеспечения с целью ликвидации причин СНПЭ.

Комплекс работ по сокращению общего потребления электричества

С целью снижения общего потребления электроэнергии за счет сокращения СНПЭ при транспортировке длительно-эксплуатируемых систем электрообеспечения, принадлежащих предприятию, выполняется комплекс³ работ:

- создание нормативной базы (стандарт предприятия) применения новейших технических средств и технологий, предусмотренных законом № 261-ФЗ инструментальных обследований линий и систем электрообеспечения предприятий;
- разработка методических рекомендаций по использованию полученных данных инструментальных обследований для достоверного выявления СНПЭ в конкретных типах и конструкциях линий электрообеспечения;
- создание паспортов с результатами инструментальных обследований линий электрообеспечения и рекомендуемыми мероприятиями по ликвидации СНПЭ;
- оценка фактического технического состояния линий электрообеспечения и выделение групп с разным количеством СНПЭ, а также группы риска;
- внедрение и сопровождение новейших технологий и технических средств с подготовкой местных специалистов для самостоятельной эксплуатации в условиях конкретных предприятий;



- оценка экономического эффекта от реализации мероприятий по повышению энергоэффективности линий электрообеспечения при ликвидации СНПЭ;
- поддержание энергоэффективности линий систем электрообеспечения в предстоящие периоды эксплуатации на основе баз данных инструментальных обследований;
- обеспечение высокого качества выполнения плановых ремонтных работ при ликвидации причин СНПЭ в конкретных линиях электрообеспечения;
- обеспечение качества продукции, приобретаемой для ликвидации причин СНПЭ в линиях электрообеспечения, а также при приемке новых линий, возводимых подрядными электромонтажными организациями на условиях тендеров;
- определение показателя энергоэффективности для кабельной продукции, приобретаемой предприятиями различных сфер деятельности по условиям закона № 44-ФЗ⁴ с целью предотвращение поставки продукции низкого качества и фальсификата.

ЭС

Литература

1. Добрусин Л. А. Повышение энергоэффективности электросетевого комплекса России // Энергосбережение. 2013. № 7.
2. Космачев А. Ф. Выявление сверхнормативных транспортных потерь в электрических сетях потребителей // Энергонадзоринформ. 2013. № 4.
3. Космачев А. Ф. Инновационная технология сокращения энергопотерь на промышленных предприятиях // Обзорение современных технологий. 2014. № 32. С. 18–19.
4. Космачев А. Ф. Выявление сверхнормативных транспортных потерь в электрических сетях // Энергосбережение. 2015. № 2.

³ Разработан в Центре энергосбережения и энергоэффективности электрообеспечения объектов связи, организованном при Ленинградском отделении центрального научно-исследовательского института связи (филиал ФГУП ЦНИИС — ЛО ЦНИИС).

⁴ Федеральный закон от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

SEMIEXPO RUSSIA

SEMIEXPO Russia объединяет международную специализированную выставку с двухдневной деловой программой, где ежегодно принимают участие руководители, эксперты, топ-менеджеры крупнейших компаний по микроэлектронике, представители органов государственной власти, научно-исследовательских институтов и международных ассоциаций.

Программные мероприятия на SEMIEXPO Russia 2020

SEMI Member Forum 2020

Международный MEMS Forum

Новый этап конкурса
«Инновационная радиоэлектроника»

Обзор карьерных возможностей
и ежегодный День Талантов

Экспортные перспективы.
Открытый диалог с зарубежными
рынками

Экспозиция кластеров из Европы и
Азии

МОСКВА

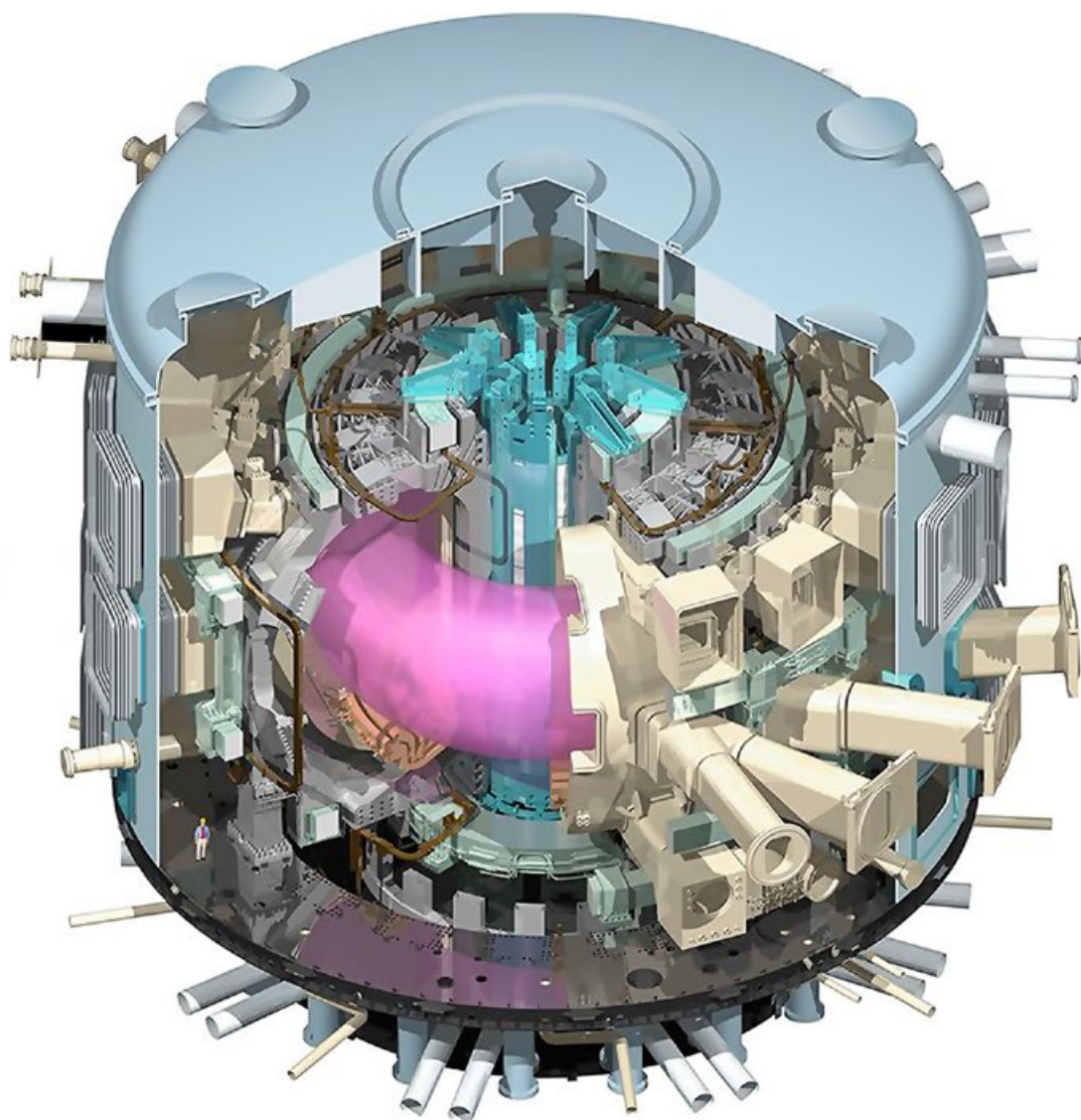
ЭКСПОЦЕНТР

9-10 ИЮНЯ 2020

**ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ТЕХНОЛОГИЯМ, МАТЕРИАЛАМ,
СТАНДАРТАМ И ОБОРУДОВАНИЮ В
ОБЛАСТИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Больше информации на официальном сайте

www.semiexpo.ru



Термоядерный синтез: прошлое, настоящее... Будущее?

Беседовала **Мария Орлова**

Термоядерный синтез уже давно стоит номером один в списке процессов, способных решить проблему исчерпания невозобновляемых источников энергии (прежде всего, углеводородного топлива). Но он всегда был чем-то «в 30-ти годах от нас», как шутили физики. Несмотря на распространенный оптимизм, существенные препятствия между сегодняшним пониманием процессов ядерного синтеза, технологическими возможностями и практическим использованием ядерного синтеза до сих пор не преодолены. Пока неясным остается даже то, насколько может быть рентабельным производство электроэнергии с использованием термоядерного синтеза. Однако, несмотря на это, в конце минувшего года Великобритания заявила амбициозный проект по созданию термоядерного реактора уже в обозримом будущем. О проблемах и перспективах термоядерного синтеза рассказал **Анатолий Александрович Кислицын**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной и технической физики Физико-технического института Тюменского государственного университета.

Токамаки и стеллараторы

Существует два способа освобождения ядерной энергии. Первый из них — деление тяжелых ядер — хорошо освоен в настоящее время: это ядерное оружие (атомные бомбы) и атомные электростанции (ядерные реакторы на медленных и на быстрых нейтронах). Второй способ — синтез легких ядер — пока освоен только в управляемом виде как термоядерное оружие (водородная бомба). Работы над управляемым термоядерным синтезом (УТС) ведутся во многих странах уже более 70 лет, но до создания термоядерной электростанции еще очень далеко.

В природе реакции термоядерного синтеза происходят в звездах, в том числе в нашем Солнце, и, благодаря энергии, выделяемой в этих реакциях, на Земле существует жизнь. В лабораторных условиях эти реакции также давно осуществлены и хорошо изучены. Проблема состоит в том, чтобы сделать их самоподдерживающимися и (для начала) энергетически выгодными, а в перспективе и экономически выгодными. Задача ближайшего будущего — осуществить управляемый и энергетически выгодный синтез ядер дейтерия (тяжелого водорода) и трития (сверхтяжелого водорода). Наибольшие успехи в этом направлении связаны с установками типа «Токамак» и «Стелларатор».

Первая установка с замкнутой тороидальной камерой для разогрева и магнитного удержания плазмы была построена еще в 1955 году в Институте атомной энергетики имени И. В. Курчатова в отделе, которым руководил Л. А. Арцимович, и получила название «Токамак» (по первым словам названий основных элементов конструкции установки: тороидальная камера, магнитные катушки).

В 1958 году работы по проблеме УТС были рассекречены, что позволило наладить обмен научной информацией между СССР и США. После 1970 года, когда успех токамаков стал очевиден, к программе их исследований подключились США, страны Западной Европы и Япония. Американские физики внесли в схему токамака некоторые существенные конструктивные отличия, и назвали их «стеллараторами». Как стеллараторы, так и токамаки, имеют свои достоинства и недостатки.

Создание и нагрев плазмы в токамаке происходит за счет джоулевого тепла при протекании через нее индукционного тока, который возбуждается при разряде батареи конденсаторов через первичную обмотку, при этом плазменный виток представляет собой короткозамкнутую вторичную обмотку.

Внутренняя камера тороидальной формы изготовлена из нержавеющей стали толщиной несколько миллиметров. Она окружена внешней камерой из толстой меди, которая демпфирует возмущения плазменного шнура: если на каком-то участке шнур изгибается и приближается к стенке камеры, в меди возникают вихревые

токи (токи Фуко), которые стабилизируют шнур. С помощью обмотки, по которой течет ток в несколько сотен килоампер, создается сильное продольное (тороидальное) магнитное поле с индукцией ~5 Тл, а применение сверхпроводников позволяет довести индукцию до ~10 Тл. Ток, текущий по плазменному витку, имеет постоянное направление, и создает дополнительное полоидальное поле, помогающее стабилизировать плазму, подавлять дрейф и неустойчивости.

Упрощенная схема стелларатора практически такая же, как у токамака, но полоидальное магнитное поле наводится внешними катушками, а разогрев плазмы осуществляется не разрядом конденсаторов, а высокочастотным электромагнитным полем. Поэтому стелларатор сложнее и дороже, а, главное, форма плазменного шнура далека от идеальной тороидальной формы, что затрудняет борьбу с дрейфом и с неустойчивостями. С другой стороны, токамак может работать только в циклическом режиме, тогда как стелларатор способен, в течение длительного времени, работать в непрерывном (стационарном) режиме. В процессе исследований, как в России, так и в США токамаки иногда перестраивались в стеллараторы, и наоборот, а некоторые установки сразу проектировались таким образом, чтобы их можно было исследовать как в режиме токамака, так и в режиме стелларатора.

Благодаря возможности компенсировать дрейф, на токамаках и стеллараторах удалось довести время удержания до значений, вплотную приближающихся к критерию Лоусона (величина, необходимая для получения энергетически выгодных реакций УТС). За 65 лет, прошедших с момента запуска первого токамака, во всем мире было построено более 100 токамаков и стеллараторов. Каждая новая установка приводила к улучшению параметров плазмы, но все более высокой ценой. Если в начале исследований сооружение одной — двух экспериментальных установок в год было по силам сравнительно небольшой лаборатории, то стоимость современных токамаков составляет миллиарды долларов, откуда следует необходимость объединения усилий разных стран. Дело в том, что достичь критерия Лоусона на маленьком («настолярном») токамаке невозможно при тех значениях индукции магнитного поля, которые в настоящее время доступны даже для сверхпроводящих электромагнитов. Время удержания плазмы приблизительно пропорционально квадрату радиуса вакуумной камеры, и обратно пропорционально эффективному коэффициенту диффузии, который, в свою очередь, обратно пропорционален индукции магнитного поля, удерживающего плазму. Ресурс увеличения индукции на сегодняшний день исчерпан (не исключено, что в будущем такая возможность появится, но сейчас ее нет), поэтому приходится увеличивать размеры установки. Увеличивая его, например, вдвое, мы (при прочих равных условиях) увеличиваем время удержания примерно в 4 раза. Конечно, и стоимость реактора при этом растет, но с точки зрения физики нет никаких сомнений, что критерий Лоусона на этом пути будет достигнут. Когда — это вопрос не к физике и не к физикам, это вопрос финансирования и организации работ.

Долгожданный ITER

Первый проект ИНТОРа (в английской аббревиатуре «ITER» — International Termonuclear Experimental Reactor) был создан еще в 1980 г, в него вошли СССР, США, страны Европейского союза и Япония. По первоначальному плану реактор должен был быть построен в 1985 году. Однако по ряду финансовых и политических причин строительство даже не было начато.

В 1992 году было подписано новое соглашение между Россией, США, Европейским союзом и Японией, срок запуска был назначен на 2005 год. Проект был переработан, созданы и прошли успешное испытание отдельные узлы, но строительство так и не было начато. В 1999 году к проекту присоединились Канада и Казахстан, но вышли США. В 2001 году в Москве прошла международная конференция по проекту ИНТОР, констатирующая полную готовность проекта к началу строительства. Однако строительство так и не было начато, не удалось даже определить место строительства. Рассматривались Франция, Япония и Канада, но к соглашению прийти не удалось.

В 2003–2005 гг. к проекту подключились Китай, Южная Корея, Индия, вернулись США, но вышли Канада и Казахстан. В 2005 году окончательно определились семь участников проекта: Европейский союз, Индия, Китай, Корея, Россия, США и Япония, а также определено место строительства реактора — на юге Франции, в 60 км от Марселя в исследовательском центре Карадаш. Первый этап строительства должен был завершиться к 2018 году, первую плазму планировалось получить к концу 2019-го, а в 2027-м начать полномасштабные эксперименты. В 2007 году (спустя 27 лет после создания первого проекта!) строительство, наконец, началось, но из-за хронического недофинансирования сроки постоянно корректируются; опоздание к настоящему времени оценивается в 2–3 года.

Новый реактор будет иметь большой радиус тора, равный 5,2 м, малый — 1,2 м, его тепловая мощность составит 620 МВт. Реактор будет работать в циклическом режиме: время горения термоядерной реакции около 200 с, очистка камеры — около 30 с. Высота токамака составит 73 м, из которых 60 будут находиться над землей и 13 — под ней (для сравнения: высота Спасской башни Московского Кремля равна 71 м). Основная платформа реактора будет занимать площадь, равную 42 га (60 футбольных полей). Для тороидальных магнитов токамака необходимо 80 тыс. км сверхпроводящих нитей; их общий вес составит 400 т. Сам реактор будет весить около 23 тыс. т (для сравнения: вес Эйфелевой башни в Париже равен всего 7,3 тыс. т). Объем плазмы в ITER будет достигать 840 м³ (в то время как один из самых совершенных в настоящее время токамаков JET (Великобритания) имеет объем плазмы всего 100 м³).

После того, как термоядерный реактор ITER продемонстрирует свою работоспособность и подтвердит стабильное удержание плазмы в магнитном поле, следующим шагом станет создание еще более крупной термоядерной установки DEMO. В результате выполнения этого проекта во второй половине XXI века должно начаться промышленное энергетически выгодное производство электроэнергии путем УТС. Подчеркнем еще раз: речь идет об энергетически выгодном производстве электроэнергии, *вопрос об экономической выгоде пока даже не рассматривается, скорее всего, это будет задачей на XXII век.*

Ускорение

Из-за слишком медленного строительства ITER страны-участницы решили, что для оптимального продвижения к промышленному термоядерному реактору целесообразно в каждой из стран-участниц проекта иметь собственный современный токамак, как для проведения работ в поддержку программы ITER, так и для самостоятельных исследований в области УТС.

В Германии 10 декабря 2015 года был успешно запущен стелларатор Wendelstein 7-X. Управление Wendelstein 7-X проводится Институтом физики плазмы имени Макса Планка. Строительство установки началось в 2005 году и завершилось в 2014-м. При помощи микроволнового нагрева мощностью 2 МВт достигнута температура плазмы в 80 млн °C. Удерживать образовавшуюся плазму с плотностью 3·10¹⁴ 1/см³ в равновесном состоянии удалось в течение четверти секунды. Результаты опытов признаны успешными. С нынешней мощностью планируется довести время удержания плазмы до 10 секунд, что будет означать достижение критерия Лоусона. Однако немецкие физики не считают Wendelstein 7-X конкурентом ITER; его роль заключается лишь в отработке перспективных технологий в физике плазмы.

Конкурентами могут оказаться корейский и китайский проекты. На термоядерном реакторе KSTAR (Korean Superconducting Tokamak Advanced Research) достигнут один из рекордов удержания плазмы. Разогретую до 50 млн °C плазму в этом реакторе удалось удерживать в течение 70 секунд. Однако этот рекорд побит на китайской сверхпроводящей установке EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak) Института физики плазмы Академии наук КНР: разогретую до 50 млн °C плазму удалось удержать в равновесном состоянии в течение 102 секунд. Китай — единственная в мире страна, где бюджет термоядерных исследований растет. Вполне

возможно, что именно в КНР, а не во Франции будет построена первая в мире термоядерная электростанция.

Недавно Великобритания также объявила, что планирует в течение 20 лет создать свой термоядерный реактор. Проект вполне реальный, учитывая, что в этой стране создана, и успешно работает одна из самых совершенных установок — токамак JET. Удивляет, правда, малый объем финансирования — всего 220 млн фунтов стерлингов (для сравнения: стоимость Wendelstein 7-X превысила миллиард евро), но, вероятно, это только транш на первый год.

Сделано в России?

Участие России в финансировании проекта ITER в настоящее время составляет около 10 %. Это позволяет стране получать доступ ко всем технологиям проекта. Основной задачей, которая стоит перед Россией в рамках проекта, является производство сверхпроводящих магнитов, а также разнообразных диагностических датчиков и анализаторов структуры плазмы. Но, к сожалению, проводимые в России в настоящее время термоядерные исследования на токамаках охватывают только узкую часть спектра ключевых задач ITER, поскольку в России отсутствует крупная установка с подобной ITER конфигурацией. Для того чтобы быть на уровне мировых исследований, нам крайне необходима установка с возможностями достижения стационарного горения плазмы с высокими параметрами. Проект такой установки — токамак T-15 — был разработан еще в 2002 году, но по экономическим причинам не был реализован. В 2010 проект был обновлен, и под названием «Токамак T-15МД» включен в Федеральную целевую программу «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года» (ФЦП «ЯЭТНП»). Реализация проекта началась в 2011 году в РНЦ «Курчатовский институт», физический пуск токамака T-15МД должен быть осуществлен в 2020 году. T-15МД представляет собой инновационную установку, не имеющую по некоторым параметрам аналогов в мире. Программа исследований на T-15МД будет нацелена на решение наиболее актуальных проблем ИТЭР, таких как стационарная генерация неиндукционного тока; нагрев и удержание горячей плазмы; управление процессами на первой стенке; подавление глобальных неустойчивостей и периодических выбросов энергии на стенку и др. Можно ожидать, что благодаря реализации этого проекта Россия в течение ближайших 10–15 лет в значительной степени ликвидирует отставание, и снова выйдет на уровень мировых исследований в области УТС.

ЭС

22-я специализированная выставка с международным участием

ЭЭНЕРГЕТИКА.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. 2020

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



Министерство промышленности и энергетики Саратовской области



ГАУ «Агентство по повышению эффективности использования
имущественного комплекса Саратовской области»

3 - 5
ИЮНЯ
САРАТОВ

- **ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**
- **ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ И КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**
- **ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ. АВТОМАТИЗАЦИЯ**
- **БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ**
- **СВЕТОТЕХНИКА - СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ РАЗДЕЛ**



ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
СОФИТ - ЭКСПО
Тел.: (8452) 227-247, 227-248
<http://expo.sofit.ru>





PLP в России

В России открылся завод по изготовлению уникальной спиральной арматуры американской компании PLP. В ПАО «Россети» проведена аттестация этой продукции, что позволяет новинке, наравне с другими, быть представленной на российском энергетическом рынке. В связи с этим «ЭнергоStyle» обратился с вопросами к главному операционному директору (Chief Operating Officer) компании PLP Деннису МакКенна (Dennis McKenna).

— Компании PLP в этом году будет 73 года, расскажите, пожалуйста, историю ее создания и развития.

— В 1947 году Томас Ф. Петерсон, инженер-электрик из США, выдвинул новаторскую идею, которая легла в основу создания организации, выросшей в конечном итоге в международную компанию, осуществляющую свою деятельность в двадцати странах. В то время заказчики были обеспокоены повреждениями проводников в точке опоры. Г-н Петерсон пришел к идее изготовления на заводе армирующих прутков в форме спирали, внутренний диаметр которой немного меньше наружного диаметра проводника. (Ведь прежде стержни формировались вручную в полевых условиях.) Его мысль заключалась в том, что при размещении спирально сформированных стержней на проводнике обеспечивался надежный охват проводника без концевых зажимов, при этом не требовалось дополнительной защиты от истирания и износа в точках крепления арматуры. Эта идея оказалась успешной и продукт получил название PREFORMED™ Armor Rod, а компания Preformed Line Products Co (PLP). Она обеспечивает превосходную, по сравнению с обычными методами, арматуру и защиту проводов и жима. Со временем спиральная концепция выросла в полную линейку продуктов для электроэнергетики и других сегментов рынка. И теперь PLP предоставляет клиентам широкий спектр продукции и услуг для передачи и распределения энергии, обслуживания подстанций, обеспечения коммуникаций и обновления энергетических рынков по всему миру.

— PLP является первым производителем спиральной арматуры в мире. Какие решения компании до сих пор остаются уникальными, не имеющими аналогов?

— Исходя из этой оригинальной концепции, PLP расширила свои спиральные продуктовые линейки и области их применения, большинство из которых и 73 года спустя рассматриваются как отраслевой стандарт. Опыт и знания PLP в области контроля и защиты от вибрации не имеют себе равных в отраслях, которые она обслуживает, и сегодня компания предлагает один из самых комплексных продуктов, помогающих клиентам эффективно бороться со всеми формами повреждающей вибрации. Эту продукцию, в сочетании с разнообразным оборудованием и лабораторными возможностями, PLP предоставляет клиентам по всему миру как комплексное решение для защиты от колебаний в области энергетики и связи.

Другой ключевой областью для PLP на протяжении многих лет была разработка продукции для высокотемпературных проводов с низким провисанием (HTLS). Наша компания была лидером в этой технологии, более десяти лет назад разработав специализированные передаточные фитинги для провода 3M HTLS, и использовала опыт, накопленный за эти годы, для разработки решений в области высокотемпературных проводов, которые в настоящее время внедряются на рынке (ACCC/ACFR).

— Сейчас у PLP более 20 заводов по всему миру. Расскажите о присутствии компании на различных рынках: где наблюдается наибольший рост, где стабильное развитие, какие рынки самые сложные?

— Группа PLP доверяет работе дочерних компаний. Они оказывают полный спектр услуг на местах, что позволяет компании сосредоточиться на индивидуальных требованиях локального клиента и быстро удовлетворять его потребности. Все рынки, на которых работает PLP, имеют свои уникальные возможности и проблемы, и потому сравнивать их не стоит. Самое важное для нас — развивать свое присутствие на глобальном рынке, благодаря уникальной продукции и низкокзатратному производству внутри группы PLP.



— **Россия очень большая страна. Когда PLP впервые приняла решение о выходе на российский рынок и насколько присутствие на нем важно для компании?**

— Группа PLP давно проявляла интерес к российскому рынку, учитывая его размеры и значимость в мировой экономике. Как уже отмечалось, бизнес-модель компании PLP была тесно связана с деятельностью локальных отделений, способных предоставить инженерное, торговое и производственное обслуживание. PLP считает, что это лучший (и действительно единственный) способ обеспечить клиентам тот уровень качества и обслуживания, который они привыкли ожидать от нашей компании. Именно этой модели PLP придерживается в России в течение последних нескольких лет и будет продолжать следовать по мере роста своей деятельности.

— **Какие планы у компании PLP по развитию производства в России? Какой завод PLP является самым современным?**

— Так как российское отделение компании все время развивается, PLP планирует инвестировать в инженерную и производственную деятельности «ПЛП Рус». Учитывая, что компания зародилась в США, именно там находятся одни из самых передовых объектов в группе. Тем не менее, многие международные отделения PLP по всему миру имеют уникальные производственные возможности, которые, как правило, определяются потребностями клиентов на этих рынках.

— **Продукция PLP прошла аттестацию в ПАО «Россети». Это сложный, долгий и дорогостоящий процесс. Насколько этот опыт уникален для компании? Планируете ли вы продолжать аттестацию других продуктов PLP?**

— Группа PLP имеет большой опыт в сертификации своего производства, и в такой аттестации нуждаются многие из наших клиентов по всему миру. PLP рассматривает это как необходимую часть развития рынка и будет продолжать инвестировать в этот процесс в будущем.

— **Ваша готовность быть качественным партнером для потребителей неоспорима. А есть ли у вас партнеры в России, которые готовы объяснять преимущества вашей продукции, популяризировать и продвигать ее?**

— Старейшим партнером PLP в России является екатеринбургская компания «МК «Локус», которая подписала дилерский договор с «ПЛП Рус». Хорошо обученный персонал «МК «Локус» имеет опыт в применении спиральной арматуры PLP.

В Москве находятся опытные специалисты «ПЛП Рус», они готовы ездить по всей стране, чтобы поддерживать потребителей и объяснять преимущества решений, предлагаемых PLP. Наша компания также работает с некоторыми другими компаниями на территории Российской Федерации, но уже без официальных договоров.

— В 2019 году PLP приобрела двух производителей (компанию *Micos Telecom* и *Subcon* — ред.). Какие приобретения компания планирует в будущем? Какие продуктовые направления считаются наиболее перспективными для компании PLP?

— PLP продолжит инвестировать в возможности расширения и укрепления своих продуктовых портфелей и технических потенциалов на рынках электроэнергетики и связи. С приобретением Subcon у компании появились новые решения для высоковольтных подстанций. Такой технический опыт будет полезен «ПЛП Рус», которая на местах занимается и этим направлением. Приобретение MICOS Telcom значительно расширило глобальные возможности PLP в области применения волоконно-оптических продуктов и оптоволоконных сетей.

— Есть ли уже опыт применения продукции PLP на российских объектах, можете назвать знаковые?

— Существует довольно внушительный список интересных проектов в России, в которых, с момента основания компания «ПЛП Рус», участвовала PLP:

- Куюмба — Тайшет, 110 кВ — линейная арматура для перехода реки Ангары;
- Очаково — Одинцово, 110 кВ — арматура для провода АССР;
- Черепеть — Юпитер — Орбита — Спутник — Калужская, 220 кВ — полные гирлянды и защитная арматура для провода АССР;
- Чадан — Хандагайты, 110 кВ — воздушные спойлеры;
- Очаково — Фили, 110 кВ — линейная, защитная арматура для провода GAP;
- Костромская ГРЭС — Нижний Новгород, 500 кВ — демпфирующие распорки;
- Балашовская — Волга, 500 кВ — линейная арматура;
- ПС 110 кВ СХК — жесткая ошиновка.

Приведенный перечень демонстрирует техническое разнообразие проектов и продуктов, которые PLP уже поставила. Однако это лишь малая часть продуктового портфеля возможностей PLP.

ЭС





Нестандартный взгляд на привычное

Спиральная арматура

Фото: Евгений Ланкин
Постановка и дизайн: Олеся Акулова
Визажист: Юлия Бобина
Модель: Татьяна Серганова















Новые нормативы по молниезащите: необходимые перспективы

Алексей Ротанов, директор по развитию ООО «Электра»

Молниевые разряды между грозовым облаком и землей представляют собой наибольшую опасность для людей и животных, зданий и сооружений, энергетических объектов и коммуникаций, а также электронной аппаратуры. Факты продолжающейся регистрации несчастных случаев по причине удара молнии свидетельствуют как о необходимости повсеместного внедрения систем молниезащиты в законодательном порядке, так и о необходимости повышения эффективности при одновременном снижении стоимости этих систем.

Широкомасштабное внедрение недорогих эффективных систем молниезащиты должно и будет способствовать развитию здоровой конкуренции производителей и снижению себестоимости систем молниезащиты за счет простоты и высокой скорости монтажа. Как следствие, системами молниезащиты будет оснащено большее количество зданий и сооружений. Для решения проблемы повышения эффективности систем молниезащиты необходимо, на законодательном уровне, разработать и ввести новый нормативный документ (ГОСТ) по молниезащите с учетом современных достижений науки о природе молнии.

Воздействие молнии

Под словом «молния» в данной статье подразумевается молния, возникающая между грозовым облаком и поверхностью земли или расположенным на земле объектом. Наиболее часто, примерно 90 [1]–95 % [2], встречаются нисходящие молнии, которые и будут рассмотрены. Вне зависимости от типа молнии, суть явления сохраняется. Воздействия молнии разделяют на первичные (вызванные прямым ударом молнии) и вторичные (индуцированные близким ударом молнии или занесенные по внешним коммуникациям).

Прямой удар молнии (непосредственный контакт канала молнии с объектом) может вызвать следующие воздействия:

- термические — опасность возгорания или проплавления;
- механические — ударная волна или электродинамические воздействия;
- электрические — поражение током людей и животных, выход из строя электрической и электронной аппаратуры.

Вторичные последствия удара молнии непосредственно в объект или вблизи него — электростатическая (перемещение зарядов в канале молнии) и электромагнитная (изменение тока молнии во времени) индукция или занос высокого потенциала в объект по коммуникациям — вызывают перенапряжения внутри объекта или опасное искрение. Последнее зачастую является причиной пожаров емкостей с горючими смесями, а также на трубопроводах. Достаточно подробно опасные воздействия молнии описаны в [3 и 4], а также в трудах многих других ученых.

Согласно статистике несчастных случаев, причиной которых явился удар молнии, за 2014–2018 годы на территории России произошло 2946

пожаров и возгораний, в которых погибло 12 человек, и 36 было травмировано (по информации МЧС России). По данным Министерства здравоохранения РФ, за этот же период от ударов молнии погибло 69 человек. Подавляющее количество пожаров — 2376 (80,7 %), 33 (92 %) случаев травмирования и 100 % случаев гибели людей — здания жилого назначения и надворные постройки. Большинство зданий жилого назначения — индивидуальные жилые дома. Необходимость молниезащиты таких объектов определяет, в настоящее время, собственник. Как следствие, системы молниезащиты индивидуальных жилых домов и надворных построек зачастую отсутствуют или не подвергаются ежегодной проверке. Каждый пожар, не говоря уже о травмировании и гибели людей — это не просто несчастный случай, но и дополнительные расходы как владельцев пострадавших объектов (в большинстве случаев значительно превышающие стоимость системы молниезащиты), так и средств федерального и областных бюджетов.

Системы молниезащиты

Наиболее эффективным способом борьбы с прямым ударом молнии и ее вторичными проявлениями, на настоящее время, является применение систем молниезащиты. Назначение системы молниезащиты — ориентирование от защищаемого объекта и прием прямого удара молнии, распределение и рассеяние тока молнии в земле (внешняя молниезащита), а также предупреждение заноса высокого потенциала и защита от импульсных перенапряжений (внутренняя молниезащита).

Стоит отметить, что если еще в относительно недавние времена основной опасностью удара молнии были пожары, вызванные ее термическим воздействием, то в настоящее время все более актуальными становятся способы защиты электронной аппаратуры от вторичных воздействий молнии. Несмотря на то, что вопросы организации внутренней молниезащиты в данной статье не рассматриваются, следует отметить необходимость комплексного решения проблемы молниезащиты объекта в целом. Например, рациональное распределение токов молнии по системе токоотводов и грамотная организация системы рассеивания тока молнии в земле способно существенно снизить воздействия вторичных проявлений прямого удара молнии на инфраструктуру объекта [5].

Состав внешней молниезащиты прост: молниеприемник, токоотводы и система заземления. При этом, если с выбором токоотводов (их количеством, материалом, сечением, способом прокладки и т.п.) и системой молниезащитного заземления дела обстоят достаточно «просто», с точки зрения проектирования и экспериментального подтверждения правильности проведенных расчетов, то вопрос ориентирования и приема молнии остается в настоящее время недостаточно изученным.

Сегодня считается, что молниеотвод изобрел Бенджамин Франклин. Более 250 лет назад, в 1752 году, он экспериментально доказал электрическую природу молнии и предложил способ защиты от нее с помощью заземленного металлического стержня. Тем не менее, способы защиты от молнии в древних Египте и Палестине описаны И. С. Стекольниковым в [3]. Самый старый молниеотвод (из известных сохранившихся) находится в России, на знаменитой Невьянской башне в городе Невьянск Свердловской области, возведенной в первой половине XVIII века (разные источники называют даты окончания строительства от 1721 до 1742 года). На вершине башни расположен заземленный, через каркас здания, металлический шпиль с покрытым шипами металлическим шаром и расположенным чуть ниже флюгером, на котором выбит дворянский герб Демидовых. С тех пор в существующей практике молниезащиты мало что изменилось. С удовольствием процитирую И. С. Стекольникова: «Проходили века, а слабый рост знаний об атмосферном электричестве не давал оснований к разработке сколько-нибудь рациональных методов грозозащиты» [3]. Здесь же кратко изложен исторический обзор развития теории и практики молниезащиты.

Развитие науки о молнии и молниезащите

С каждым годом объем накопленных знаний о молнии и молниезащите увеличивается. Если в 2001 году Э. Базелян и Ю. Райзер писали, что «мы ничего не знаем из полевых наблюдений о размерах стримерной зоны лидера молнии, даже сам факт ее существования приходится домысливать» [4], то в марте 2019 года на портале «Научная Россия» появилась новость о том, что специалистами Лаборатории физики молний ИПФ РАН совместно с коллегами из Высоковольтного центра НИИТФ в Истре удалось получить детальные изображения стримерных вспышек, происходящих в моменты скачков лидеров, как в положительном, так и в отрицательном длинных искровых разрядах. Факт наличия в стримерной вспышке стримеров, распространяющихся в направлении, противоположном направлению движения лидера, был установлен впервые и существенно меняет сложившееся представление о форме стримерных вспышек, которые предполагались сосредоточенными в конусе с углом раскрытия порядка 90° [6 и 7].

В настоящее время, благодаря развитию технологий как визуального (в первую очередь при помощи высокоскоростных камер) наблюдения молниевых разрядов, так и регистрации молний по электромагнитному, рентгеновскому и гамма-излучениям, сведения о природе молнии обогащаются все новыми данными. Появляются подтвержденные наблюдениями и опытами новые теории о причинах возникновения молнии и, как следствие, способах молниезащиты.

Тем не менее, споры между учеными об оптимальном способе защиты от прямого удара молнии продолжаются и в настоящее время. Если Н. Александров, Э. Базелян и Ю. Райзер в 2003 году пришли к выводу, что «при установке на объект специальных коронирующих систем может быть практически исключено возникновение и развитие восходящих молний» [8], то уже в 2014 году М. Весерга утверждает, что «нетрадиционные системы молниезащиты, основанные на генерации короны свечения, притягивают нисходящие вспышки молнии аналогично стандартному молниеприемнику такой же высоты» [9]. Даже об эффективных, с точки зрения приема удара молнии, размерах и форме острия молниеприемника ученые не пришли к окончательному выводу. Так, если Н. Александров и Э. Базелян утверждают, что «условия для возникновения жизнеспособного лидера не чувствительны к радиусу вершины стержневого молниеприемника, если он находится в пределах 0,05–5 см» [10], то выводы А. Темникова показывают «значительное влияние размеров вершины модели стержневого молниеотвода на вероятность поражения модели защищаемого объекта разрядом из облака» [11]. При этом Н. Ahmad утверждает, что «экспериментально доказано, что тупой стержень может быть лучшим приемником молниевых ударов и предлагается, чтобы широко используемый обычный острый стержень был заменен тупым стержнем» [12]. Его выводы поддерживает Н. С. М. Haris: «молниеприемник с тупым наконечником и диаметром 9,5 мм является наиболее подходящим для системы молниезащиты» [13]. В свою очередь, эксперименты проведенные В. Князевым, показали «некоторое преимущество образца в виде стержня кругового сечения с заостренной вершиной» [14]. В работе [15], А. Чернухиным, также по результатам проведенных экспериментальных исследований, рекомендуется принять в качестве эталонного молниеприемника стержень квадратного сечения (сторона 12 мм) с плоской вершиной. Указанные противоречия, безусловно, требуют проведения дополнительных экспериментов в полевых условиях. Пожалуй, единственное, в чем сходятся ученые, так это в том, что основной задачей защиты от прямого удара молнии является переориентировка молнии от объекта к молниеприемнику.

Новые нормативы по молниезащите — необходимость

В настоящее время на территории России действуют следующие нормативные документы по молниезащите: ГОСТ (серия) 62305, ГОСТ (серия) 62561, РД 34.21.122 — 87, СО 153-34.21.122-2003. Кроме того, существует целый ряд отраслевых нормативов: РД 153-34.3-35.125-99 (РАО «ЕЭС России»), ВСП-22-02-07/МО РФ (Министерство обороны Российской Федерации), РД 91020.00-КТН-021-11 (ПАО «Транснефть»), СТО Газпром 2-1.11-170-2007 (ОАО «Газпром»), СТО РЖД 08.024-2015 и СТО РЖД 08.026-2015 (ОАО РЖД) и другие. Существует множество документов, регламентирующих порядок применения устройств защиты от импульсных перенапряжений, а также систем уравнивания потенциалов и заземления. Для создания оптимального по эффективности и в то же время экономичного проекта молниезащиты, проектировщику приходится учитывать требования практически всех выше указанных нормативных документов, учитывая, при этом, противоречия между ними.

Необходимость переработки действующих в настоящее время нормативных документов по молниезащите назрела давно. Предложения по внесению изменений и совершенствованию нормативов описаны во многих работах [16, 17, 18, 19, 20, 21]. Огромная база накопленной за последние годы информации требует переработки и обобщения. Современные теории формирования грозовых облаков, инициации и развития молниевых разрядов (теории Гуревича, Александрова, и других ученых), изучение оптимальных и эффективных конфигураций систем рассеяния тока молнии в земле — должны найти отражение в современных нормативах по молниезащите. Кроме того, в существующих нормативах не учтено влияние самого объекта, его окружения, а также особенности географического положения, окружающей среды и погодных условий, на развитие и ориентировку нисходящего лидера [22, 23, 24, 25, 26]. При этом, безусловно, необходимо учитывать опыт, накопленный как российскими, так и зарубежными учеными (V. Cooray, M. Becerra, Z. Hartono и другие).

Необходимость создания современной системы национальных стандартов и нормативных документов по молниезащите зафиксировано в Решении по результатам работы V Российской конференции по молниезащите в мае 2016 года. Тем не менее, реальных результатов решения данного вопроса нет. В настоящее время идут переговоры о проведении комплекса работ на разработку и введение нового, межгосударственного, ГОСТ по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Проект технического задания на разработку нового ГОСТ разослан ведущим российским ученым с запросом их предложений по внесению предложений по структуре и содержанию указанного документа. После утверждения и введения нового ГОСТа предполагается отмена действующих на территории России нормативных документов РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122-2003. Новый ГОСТ по устройству молниезащиты зданий и сооружений будет включать в себя как требования к проектированию, монтажу и обслуживанию непосредственно самой системы молниезащиты, так и требования к программному обеспечению для ее расчета.

Программное обеспечение

Накопленные на настоящее время сведения о зарождении и развитии молнии: стохастический характер продвижения нисходящего лидера молнии; учет влияния структуры защищаемого объекта и его окружения на развитие и ориентировку нисходящего лидера молнии; конкурентное развитие восходящих лидеров от объекта и молниеприемника; способы эффективного рассеяния тока молнии в земле, и, как следствие, необходимость учета множества факторов, влияющих на эффективность внешней молниезащиты конкретного объекта, требуют применения специализированного программного обеспечения для расчета систем молниезащиты.

Скорее всего, программное обеспечение должно будет опираться на теорию вероятности, современную теорию графов (для расчета стохастического продвижения и влияния на объект нисходящего лидера молнии, а также для расчета конкурирующего развития восходящих лидеров с молниеприемника и частей объекта) и теорию устойчивости электрических систем (основной критерий устойчивости — зарождение восходящего лидера от молниеприемника).

Новый ГОСТ должен содержать основные требования к программному обеспечению, алгоритм расчета и типовые формулы. В связи с тем, что указанные сведения должны быть проверяемыми и тестируемыми, в состав нового ГОСТа должен быть включен набор тестовых задач. Созданное на основе утвержденных алгоритмов и формул программное обеспечение, при любом интерфейсе пользователя, должно решать тестовые задачи.

Безусловно, нельзя не учитывать опыт зарубежных разработчиков аналогичного программного обеспечения (Sparkta, 3D Lightning, SESShield, разработки фирмы DEHN и другие). Очевидно, что результаты программных расчетов и, как итог, проект системы молниезащиты, должны соответствовать утвержденным нормам. Следовательно, разработка и применение программного обеспечения также должно опираться на утвержденные нормативы.



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

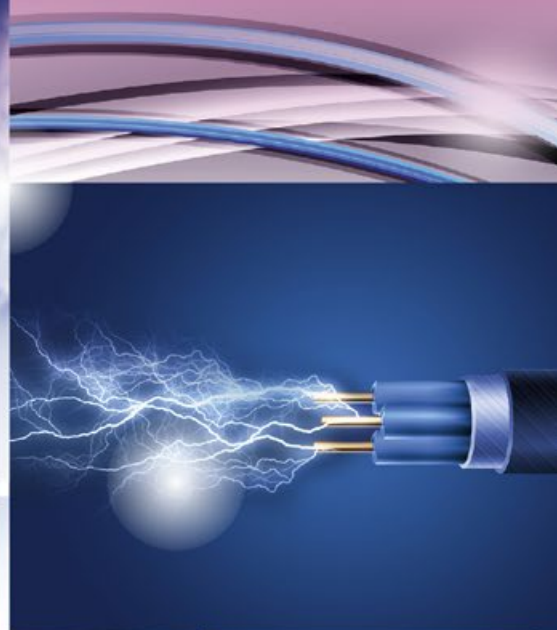


ЭЛЕКТРО

29-я международная выставка
«Электрооборудование. Светотехника.
Автоматизация зданий и сооружений»

8—11 ИЮНЯ 2020

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
Краснопресненская наб., 14
Павильон №2 (залы 1, 2)
www.elektro-expo.ru



 **ЭКСПОЦЕНТР**



**ЭЛЕКТРО
МАРКЕТ**
ВАЖНЫЕ СВЯЗИ
ДЛЯ ВАЖНЫХ ДЕЛ



**ЭЛЕКТРО
TALK**
РАЗГОВОРЫ
С ТОЛКОМ



**ЭЛЕКТРО
SKILLS**
ПРОКАЧАЙ НАВЫКИ
И КОМПЕТЕНЦИИ

В настоящее время существует парадокс: рекомендованное техническим циркуляром ассоциации «Росэлектромонтаж» № 25-2009 «Об использовании специализированного программного обеспечения для расчета эффективности защитного действия молниеотводов» программное обеспечение ОАО «ЭНИН» разработано на основе устаревших, но действующих нормативов РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122-2003. Как следствие, все замечания российских ученых по размерам и формам зон защиты молниеприемников, конфигурациям систем молниезащитного заземления, определенным в устаревших нормативах, автоматически распространяются на аналогичные программные продукты, представленные на Российском рынке (Сервис расчетов центра ZANDZ.com, программа ЗУМ, программа MZ, Model Studio CS Молниезащита, и другие). Все вышеизложенное приводит к весьма неутешительному выводу о несоответствии применяемого программного обеспечения современным достижениям науки о молнии и молниезащите.

Необходимость введения нового ГОСТа по молниезащите и внесения корректировок в существующие виды программного обеспечения очевидна. По существу, программное обеспечение является собой прикладной инструмент, позволяющий проектировщику сократить сроки расчета проекта молниезащиты для конкретного объекта. Использование программного обеспечения для проектирования, в свою очередь, не должно исключать устоявшейся практики использования зон защиты молниеприемников. Более того, программное обеспечение должно предоставлять проектировщику возможность как 2D, так и 3D-визуализации результатов расчета. Применение зон защиты молниеприемников —

удобный инструмент пространственной визуализации защищенных зон для проектировщика и заказчика. Кроме того, использование зон защиты вполне применимо как для предварительной оценки систем молниезащиты любых объектов, так и для проектирования систем молниезащиты объектов, не обладающих сложной структурой.

Выводы

1. Ежегодно повторяющиеся случаи пожаров и смертности от удара молнии свидетельствуют о необходимости широкого применения эффективных и недорогих систем молниезащиты.
2. Существующие нормативы по молниезащите не соответствуют современному уровню развития науки о молнии и молниезащите.
3. Разработка и введение ГОСТа по молниезащите, включающего все современные достижения науки о природе молнии и способах молниезащиты — насущная необходимость.
4. Существующее программное обеспечение по расчету систем молниезащиты и заземления требует переработки.

35

Литература:

1. Базелян Э., Райзер Ю. Искровой разряд // М.: МФТИ 1997. 320 с.
2. Андреев В. и др. Перенапряжения и молниезащита // Новосибирск. НГАВТ, 2005. 251 с.
3. Стекольников И. Физика молнии и грозозащита // М.: изд-во АН СССР, 1943. 235 с.
4. Базелян Э., Райзер Ю. Физика молнии и молниезащиты // М.: Физматлит, 2001. С. 136–137.
5. Базелян Э. Вопросы практической молниезащиты // М.: Буки Веди, 2015. 208 с.
6. Мареев Е. А. Важный шаг на пути понимания физики молнии [Электронный ресурс] // Научная Россия : электрон. пер. изд. 2019. 27 мар. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/vazhnyy-shag-na-puti-ponimaniya-fiziki-molnii> (дата обращения: 20.01.2020).
7. Богатов Н. А., Костинский А. Ю. и др. Скачки положительного и отрицательного лидеров длинной искры [Электронный ресурс] // Институт прикладной физики Российской академии наук : информ. портал. URL: <https://ipfran.ru/scientific-activity/important-result/jumps-of-positive-and-negative-leaders> (дата обращения: 19.01.2020).
8. Александров Н. и др. Проблема активного и пассивного воздействия на молнию // Тезисы докладов XXX Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС (24–28 февраля 2003 г.). Звенигород (Московская обл.).
9. Becerra M. Corona discharges and their effect on lightning attachment revisited: Upward leader initiation and downward leader interception // Journal Atmospheric Research. № 149. 2014. 316 p.
10. Aleksandrov N. L., Bazelyan E. M. et al Dependence of lightning rod efficacy on its geometric dimensions—a computer simulation // J. Phys. D: Appl. Phys. 38. 2005. 1237 p.
11. Темников А. Исследование механизмов формирования совместно развивающихся восходящих лидеров как стадии поражения молнией наземных объектов // Электроэнергетика. 2015. С. 62.
12. Ahmad N. Investigation on the Breakdown Characteristics of Different Types of Lightning Rods // J. Elektriika, 17 (2). 2018. P. 5.
13. Haris H. C. M. et al Selection of suitable features of lightning rods for secure lightning protection // e-ISSN: 2289-8131 Vol. 10. № 1–9. P. 47.
14. Князев В. и др. Сравнение характеристик эталонных образцов стержневых молниеприемников // Х. : НТУ «ХПИ». 2012. № 52 (958). С. 89.
15. Чернухин А. Влияние параметров коронного разряда на эффективность элементов систем молниезащиты // Электротехника і Електромеханіка. 2017. № 3. С. 47–56.
16. Базелян Э. Нормирование молниезащиты в России. Основные проблемы и пути совершенствования // доклады III Российской конференции по молниезащите. СПб. 2012. С. 372–383.
17. Базелян Э. и др. Испытания зон защиты типовых молниеотводов методом имитационного физического моделирования // доклад III Российской конференции по молниезащите. СПб. 2012. С. 384–398.
18. Базелян Э. Проблемы нормирования молниезащиты в России // СПб : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 44–56.
19. Куприенко В., Шишигин С. Состояние и перспективы совершенствования норм по проектированию современных средств молниезащиты зданий и сооружений // СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 194–197.
20. Шишигин С. Предложения по совершенствованию стандартов молниезащиты, заземления, ЭМС // СПб. : Доклады 5-й Российской конференции по молниезащите, 2016. С. 363–366.
21. Гайворонский А., Голдобин В. Оценка эффективности зон защиты молниеотводов по результатам численных экспериментов на модели ориентировки лидера молнии // СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2018. С. 39–45.
22. Александров Г. Молния и молниезащита // М.: Наука, 2008. 276 с.
23. Мещеряков В. Совершенствование методов расчета электростатических полей в задачах ориентировки молнии // доклад на II Всероссийской конференции «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости», 2017. С. 29–31.
24. Шишигин С., Мещеряков В. Ориентировка молнии и молниезащита по Г. Н. Александрову // СПб. : Сборник материалов 4-й Международной конференции по молниезащите, 2014. С. 34–41.
25. Шишигин С., Мещеряков В. Расчет площади стягивания молнии по наведенному заряду наземного объекта // СПб. : Доклады 5-й Российской конференции по молниезащите, 2016. С. 373–380.
26. Темников А. и др. Исследование механизмов формирования совместно развивающихся восходящих лидеров как стадии поражения молнией наземных объектов // Электроэнергетика. 2015. С. 58–64.

Межрегиональная
специализированная выставка

СТРОИТЕЛЬСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ИНФРАСТРУКТУРА

г. Курган

28-29 апреля 2020г.



Стройиндустрия
Промышленность

Жилищно-коммунальная
инфраструктура

Транспорт
Безопасность
Связь

Организаторы:

Правительство Курганской области,
ООО "Выставочная компания Сибэкспосервис"
г.Новосибирск

тел.: (383) 335 63 50 - многоканальный,
e-mail: vk ses@yandex.ru,
www.ses.net.ru



Приоритизация объектов обслуживания на основе статистики отказов

Игорь Антоненко, начальник отдела ООО «НПП «СпецТек», к.т.н.

В российской электроэнергетике в настоящее время осуществляется внедрение риск-ориентированного подхода (РОП) к управлению активами. В частности, в январе 2020 года утвержден Паспорт ведомственного проекта «Единая техническая политика — надежность энергоснабжения». Проект имеет целью повышение надежности и эффективности функционирования ЕЭС России путем внедрения риск-ориентированного управления.

Многие годы к выработке мер технического воздействия на оборудование в энергетике применялся планово-предупредительный подход (ППП), при котором объем и периодичность воздействий определяется регламентами на основе норм наработки и без учета фактических рисков отказа. Под мерами технического воздействия здесь и далее понимается техническое обслуживание и ремонты (ТОиР), техническое перевооружение и реконструкция (ТПиР).

Внедряемый РОП существенно отличается от ППП. Концептуально изменение состоит в том, что вместо жестко регламентированного ППП ставится задача оптимального выбора технических воздействий исходя из текущего профиля рисков. Для этого РОП предусматривает ранжирование оборудования по степени риска его отказов, определение приоритетов и отказ от второстепенных задач, даже если их выполнение рекомендовано заводом-изготовителем. По сути, внедряемый РОП состоит в определении вида, объема и приоритетности технических воздействий на оборудование, исходя из оценки риска предупреждаемых ими отказов, и формировании программы работ, обеспечивающей минимум совокупного риска при заданных ресурсных ограничениях. При этом риск понимается как сочетание вероятности и последствий отказов. Иными словами, суть РОП состоит в том, чтобы направить ограниченные ресурсы на выполнение тех работ, которые дадут наибольший вклад в снижение риска отказов, вместо того чтобы «размазывать» их «ровным слоем» по всему объему работ, регламентированному в системе ППР. Последнее, как показала практика, при недостатке ресурсов приводит к невыполнению работ на важном оборудовании и неприемлемым рискам.

Для нормативного регулирования РОП принят ряд нормативных актов, в том числе:

1. «Методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей», утвержденная приказом Минэнерго РФ от 26 июля 2017 г. № 676;
2. «Методические указания по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа», утвержденные приказом Минэнерго РФ от 19 февраля 2019 г. № 123.

Первый документ устанавливает порядок и методику расчета индекса технического состояния (ИТС) оборудования, как текущего значения, так и

прогнозного на период до 5 лет. Второй — представляет методику прогноза вероятности отказа на основе рассчитанных ИТС, расчета последствий и риска отказа. Результаты расчета служат для ранжирования оборудования по уровню текущего и прогнозируемого риска его отказа, определения приоритетности его обслуживания и формирования перспективных (многолетних) графиков ремонта, годовой ремонтной программы, комплекса мероприятий по ТПиР. В основу этих нормативных актов положены некие модели, которые позволяют осуществлять расчеты и строить прогнозы. В то же время известны методические проблемы вероятностного моделирования, требующие решения в каждом случае. Речь о комплексной проблеме адекватности используемых моделей.

С другой стороны, для оценки рисков отказа может использоваться статистический метод, условием применимости которого является наличие данных по частоте и последствиям отказов. Для его использования должен быть сформирован перечень основного технологического оборудования, проведена паспортизация, систематизирована информация о выполняемых работах по ТОиР, накоплены достоверные данные по затратам на ТОиР как плановым, так и фактическим, собрана статистика по дефектам, отказам и их последствиям, по простоям с указанием их причин. Эти задачи решаются посредством внедрения и использования информационной системы управления ТОиР (ИСУ ТОиР). Разработка, внедрение и эксплуатация ИСУ ТОиР — это особая тема, которая находится за рамками данной статьи. Ранее она достаточно подробно освещалась [1]. Далее рассмотрим обобщенную методику ранжирования оборудования на основе накопленной статистики отказов.

Принципы приоритизации оборудования

Для проведения приоритизации необходимо разделить оборудование на агрегаты, агрегаты на системы, а системы на узлы. Здесь мы, совместно с экспертами заказчика, применяем следующий подход:

1. идентифицируем агрегаты, проводим их приоритизацию (выделяем критичные);
2. только критичные агрегаты разделяем на системы, и приоритизируем системы;
3. только критичные системы разделяем на узлы, и приоритизируем узлы.

Идентификация агрегатов осуществляется на основе следующих признаков:

- агрегат — это отдельно стоящая крупная единица оборудования, решающая определенную производственную задачу;
- агрегат либо добавляет ценность в производственном процессе (основной агрегат), либо способствует этому (вспомогательный агрегат).

Для идентификации систем используем функциональный признак: система — это часть агрегата, выполняющая независимую функцию. Проводим функциональный анализ агрегата, идентифицируем функции его систем, идентифицируем сами системы. Полезен и количественный признак: в агрегате может быть примерно от 5 до 20 систем. Одна система может включать разные виды оборудования (механическое, энергетическое). Примеры систем: система привода, система охлаждения, металлоконструкции агрегата.

Для разбиения систем на узлы исходим из того, что узел — это часть системы, которую можно заменить при ремонте. Количество узлов в системе, ориентировочно, от 5 до 15. Примеры узлов: электродвигатель, редуктор, гидроцилиндр. Чтобы приоритизировать оборудование необходимо ранжировать его в порядке убывания риска отказов, а потом идентифицировать объекты, вошедшие в верхнюю часть списка. В качестве показателя риска используем RPN (Risk Priority Number) — значение приоритетности риска, рекомендуемое стандартом [2]:

$RPN = SOD$, где

S — тяжесть последствий отказа данной единицы оборудования;

O — вероятность отказа этого оборудования в течение определенного периода времени;

D — вероятность того, что отказ не будет обнаружен до проявления его последствий.

Множители, входящие в RPN, определяются как ранг по шкале от 1 до 5 или от 1 до 10, а не как фактическое значение вероятности или тяжести последствий. Ранг вероятности отказа «О» устанавливаем пропорционально частоте отказов данного оборудования (число отказов в сутки, в неделю, в месяц, в год). Эти данные должны накапливаться в ИСУ ТОиР по ходу эксплуатации оборудования. Если же статистика неполная, привлекаются специалисты предприятия по

направлениям, хорошо знакомые с работой данного оборудования — механики, электрики, гидравлики, технологи. Их экспертные оценки используют при определении величины «О».

Для определения тяжести последствий отказа «S» учитываем категории последствий:

- последствия для безопасности (отказ может повлечь гибель или травмы людей);
- экологические последствия (отказ может повлечь вред окружающей среде);
- производственные последствия (отказ влияет на выполнение оборудованием своих функций и может повлечь снижение производительности и/или качества);
- экономические последствия (последствия отказа проявляются только в повреждении оборудования и выражаются в необходимых затратах на ремонт).

Последствия могут выражаться различными сочетаниями указанных категорий. Источником данных по последствиям отказов также может служить ИСУ ТОиР. Шкалу величин, входящих в RPN, выберем из следующих соображений. Отказы систем или узлов происходят гораздо чаще, чем отказы агрегатов, так как отказ системы или узла может не приводить к отказу агрегата. Поэтому разброс частоты отказа систем и узлов значительно шире, чем у агрегатов.

Системы и узлы имеют также широкий разброс последствий отказа — от полного сохранения работоспособности агрегата/системы до снижения уровня выполнения основной или вспомогательной функции агрегата/системы, или полного отказа основной или вспомогательной функции без последствий для безопасности или с таковыми. В этой связи шкалу от 1 до 10 используем для расчета RPN систем и узлов, а шкалу от 1 до 5 — для расчета RPN агрегатов.

Приоритизация агрегатов

Приведем пример приоритизации агрегатов. На уровне агрегатов используем сокращенное выражение для расчета RPN, рекомендованное [2]: $RPN = SO$.

Исключение из расчета величины D связано с тем, что средства обнаружения (предсказания) отказов применяются на уровне систем и узлов, а не на уровне агрегатов.

Величину S определим следующим образом:

$S = (1 + H + E) (S_1 + S_2)$, где

H — ранг последствий для безопасности людей (Health);

E — ранг экологических последствий (Environment);

S_1 — ранг производственных последствий;

S_2 — ранг экономических последствий.

Последствия для безопасности людей и экологические последствия будем считать неприемлемыми независимо от их масштаба. Поэтому для «Н» и «Е» установим короткую шкалу ранга от 0 до 1, и будем присваивать соответствующий ранг следующим образом:

0 — соответствующие последствия отказа агрегата отсутствуют;

1 — отказ агрегата может привести к нарушению нормативных требований по охране труда или окружающей среды, к причинению вреда здоровью людей или выбросу (утечке) опасных веществ.

Если «Н» и/или «Е» окажутся равными единице, то значение S увеличится в разы, а значит, во столько же увеличится индекс критичности RPN. Это соответствует принятому допущению о неприемлемости последствий для безопасности людей и экологии. Для определения значений «Н» и «Е» должны быть привлечены специалисты по охране труда и промышленной безопасности (экологии) предприятия.

Пусть идентифицированы 10 агрегатов, условно назовем их «Агрегат 1», «Агрегат 2», ... «Агрегат 10». Ранг вероятности отказа «О» для каждого агрегата определим исходя из числа его отказов в год. Величину S_1 для каждого агрегата определим, исходя из накопленной за год длительности внеплановых простоев данного агрегата по причине отказов, а S_2 — исходя из объема средств, затраченных за год на устранение его отказов. Сведем данные по всем 10 агрегатам в таблицу и упорядочим их в порядке убывания числа отказов, времени внеплановых простоев и затрат на ремонт (см. таблицу 1).

Таблица 1. Ранжирование агрегатов по частоте и последствиям отказов

	Число отказов в год	О		Время простоев (ч)	S_1		Затраты на ремонт (млн руб.)	S_2
Агрегат 4	73	5	Агрегат 1	41	5	Агрегат 1	150	5
Агрегат 1	60	5	Агрегат 4	32	5	Агрегат 9	132	5
Агрегат 2	58	4	Агрегат 3	27	4	Агрегат 2	112	5
Агрегат 5	50	4	Агрегат 2	19	3	Агрегат 3	87	4
Агрегат 3	33	3	Агрегат 5	18	3	Агрегат 6	60	3
Агрегат 8	20	2	Агрегат 7	11	2	Агрегат 5	42	2
Агрегат 10	18	2	Агрегат 9	9	2	Агрегат 4	12	1
Агрегат 7	9	1	Агрегат 10	4	1	Агрегат 8	10	1
Агрегат 9	1	1	Агрегат 8	3	1	Агрегат 7	6	1
Агрегат 6	1	1	Агрегат 6	0,5	1	Агрегат 10	5	1

Руководствуясь принципом Парето, выделим 20 % позиций в верхней части списка (ТОП-20) и присвоим им высший ранг — 5. Граница отсекающей верхней части списка (20 %) не является жестко заданной. Привлекаемые эксперты могут понизить эту границу и установить другое значение соответствующего параметра, начиная с которого присваивается ранг 5 — например, как это сделано в колонке «Затраты на ремонт» таблицы 1. Оставшимся позициям присвоим ранг от 1 до 4 по линейной шкале. Для этого нижнее значение ТОП-20 следует разделить на четыре (например, $60 : 4 = 15$), чтобы получить шаг шкалы, и установить соответствие, как это сделано в таблице 2.

Таблица 2. Формирование шкалы для ранжирования агрегатов

Значение ранга	Число отказов в год	Время простоев (час)	Затраты на ремонт
4	45–59	24–31	84–111
3	30–44	16–23	56–83
2	15–29	8–15	28–55
1	0–14	0–7	0–27

Таблица 3. Ранжирование агрегатов по величине RPN

	Н	Е	О	S_1	S_2	RPN
Агрегат 1	1	0	5	5	5	100
Агрегат 2	1	1	4	3	5	96
Агрегат 4	1	0	5	5	1	60
Агрегат 5	1	1	4	3	2	60
Агрегат 3	1	0	3	4	4	48
Агрегат 9	1	1	1	2	5	21
Агрегат 6	1	1	1	1	3	12
Агрегат 8	1	0	2	1	1	8
Агрегат 10	0	0	2	1	1	4
Агрегат 7	0	0	1	2	1	3



Учтем значения «Н» и «Е» для каждого агрегата, и определим значения RPN. Затем ранжируем агрегаты в порядке убывания RPN, как показано в таблице 3. Снова применим принцип Парето, и выделим 20 % позиций в верхней части списка. Таким образом, результатом приоритизации является идентификация двух критичных агрегатов — это Агрегат 1 и Агрегат 2. Далее Агрегат 1 и Агрегат 2 должны быть разделены на системы и должна быть проведена приоритизация систем этих агрегатов. Продемонстрируем это на примере.

Приоритизация систем и узлов

Будем использовать полное выражение для расчета RPN и единую шкалу рангов от 1 до 10 для всех систем указанных агрегатов. Воспользуемся рекомендациями стандартов и сформируем шкалу для величин, входящих в выражение для RPN, как это сделано в таблицах 4, 5 и 6. Если в ИСУ ТОиР корректно ведется статистика отказов с привязкой к системам, с указанием их последствий, то эти данные будут очень полезны для формирования таблицы 4. В любом случае привлекаются специалисты предприятия, хорошо знакомые с работой и отказами Агрегата 1 и Агрегата 2, как минимум для верификации полученной шкалы рангов. Такие специалисты должны обладать достаточными знаниями, чтобы дать экспертную оценку возможных последствий отказов систем.

ВЫСТАВКА Энергетика ДВ региона-2020 АВТОМАТИЗАЦИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. СВЯЗЬ

21-23 хабаровск
МАЯ

- Транспортировка
- Производство
- Альтернатива
- ЖКХ

(4212) 457-650 • khabexpo.ru

Арена «Ерофей»



ХАБАРОВСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ЯРМАРКА

Таблица 4. Шкала тяжести последствий отказов систем

Последствия отказа	S
Отказ системы влияет на безопасность агрегата, создает угрозу здоровью и жизни людей, причинения существенного вреда окружающей среде, высокий риск получения обязательных предписаний надзорных органов и привлечения к уголовной ответственности.	10
Отказ системы влияет на безопасность агрегата, влечет нарушение требований законодательства о промышленной безопасности, высокий риск получения обязательных предписаний надзорных органов и привлечения к административной ответственности.	9
Отказ системы влечет потерю основной функции агрегата: агрегат неработоспособен, выпуск продукции невозможен. Влияния на безопасность и экологию нет.	8
Отказ системы влечет снижение производительности агрегата: агрегат работоспособен, но работает при сниженной эффективности.	7
Отказ системы влечет потерю вспомогательной функции агрегата: агрегат работоспособен, но работает со значительным отклонением от технологии производства и с потерей качества.	6
Отказ системы влечет снижение степени выполнения вспомогательной функции: агрегат работоспособен, работает с незначительным отклонением от технологии производства, наблюдается незначительное снижение качества продукции.	5
Целостность, шумность и вибрация агрегата не соответствуют требованиям и это заметно большинству эксплуатационного персонала (более 75 %). Агрегат полностью работоспособен.	4
Целостность, шумность и вибрация агрегата не соответствуют требованиям и это отмечает около 50 % эксплуатационного персонала. Агрегат полностью работоспособен.	3
Целостность, шумность и вибрация агрегата не соответствуют требованиям, но дефект настолько незначителен, что его замечают менее 25 % эксплуатационного персонала. Агрегат полностью работоспособен.	2
Последствий нет.	1

Для формирования таблицы 5 нужна информация о наблюдаемой частоте отказов систем, находящихся в эксплуатации, в том числе о минимальном и максимальном значении частоты. Соответственно, минимальной частоте отказов ставится в соответствие ранг 1, а максимальной — ранг 10. Допустим, по наблюдениям персонала предприятия или по данным ИСУ ТОиР у какой-то системы зафиксированы самые интенсивные отказы с частотой примерно 1 раз сутки, а у какой-то — самые редкие отказы с частотой 1 раз в 6 лет. Примем одни сутки в качестве интервала, в течение которого оценивается вероятность отказа, и интерпретируем рекомендации стандарта [2]. Тогда получим, что следующим категориям отказов соответствует следующая частота отказов:

- частый отказ — 1 раз в 5 суток и чаще;
- вероятный отказ — 1 раз в 10 суток и чаще;
- возможный отказ — 1 раз в 100 суток и чаще;
- редкий отказ — 1 раз в 1000 суток и чаще;
- невероятный отказ — реже 1 раза в 1000 суток.

Сформируем таблицу 5, предусмотрев дополнительную градацию частоты отказов.

Таблица 5. Шкала вероятности отказов систем

Категория частоты	Частота отказа	O
Частый отказ	1 раз в сутки и чаще	10
	1 раз в 2–5 суток	9
Вероятный отказ	1 раз в 6–7 суток	8
	1 раз в 8–10 суток	7
Возможный отказ	1 раз в 11–30 суток	6
	1 раз в 31–100 суток	5
Редкий отказ	1 раз в 101–200 суток	4
	1 раз 201–400 суток	3
	1 раз 401–1000 суток	2
Невероятный отказ	1 раз 1001–2000 суток и реже	1

При формировании таблицы 6 учитывают наличие/отсутствие технических средств и операций контроля (приборы и системы, выполняющие защитную функцию, обходы, техническая диагностика), позволяющих обнаружить появление и развитие потенциального отказа до проявления его последствий и за время, достаточное для предотвращения отказа (P — F -интервал). Таким образом, вместо фактической вероятности обнаружения, отказы ранжируют по наличию возможности их обнаружения.

Очевидно, что с учетом возможных значений S , O и D , величина RPN будет изменяться от 1 до 1000. Руководствуясь правилом Парето, установим, что критичными являются верхние 20 % диапазона величин S , O и D . Это соответствует их значениям от 8 до 10. Таким образом, критичными в нашем анализе будут значения RPN от $8 \times 8 \times 8 = 512$ до $10 \times 10 \times 10 = 1000$. С некоторым запасом установим нижнюю границу критичности на уровне $RPN = 500$, а диапазон ниже 500 разделим на две равные части: некритичные (от 1 до 249) и умеренно критичные (от 250 до 499). Такую шкалу RPN можно представить так, как показано на рис. 2.



Рис. 2. Шкала приоритетности риска RPN

Таблица 6. Шкала вероятности обнаружения отказов систем

Категория возможности	Возможность обнаружения отказа	D
Недостаток контроля	Контроль не предусмотрен, не производится или не позволяет обнаружить отказ, результаты контроля не регистрируются и не анализируются.	10
	Контроль проводится несистематически, маршруты обходов и операции контроля не определены или не выполняются в полном объеме.	9
Контроль при остановке	Контроль возможен только при остановленном агрегате (остановка на ремонт или технологическая остановка).	8
Контроль без остановки	Контроль возможен без остановки агрегата и производится субъективно (визуально, тактильно, на слух) без специальных инструментов.	7
	Контроль возможен без остановки агрегата и производится персоналом с использованием специальных инструментов количественной оценки.	6
Автоматическая система контроля и сигнализации	Контроль осуществляет автоматика, которая извещает персонал соответствующим сигналом об обнаружении отказа системы.	5
Автоматическая система контроля и блокировки	По отдельным параметрам системы автоматика осуществляет контроль и автоматическую блокировку узлов с потенциальным отказом.	4
	По всем основным параметрам системы автоматика осуществляет контроль и автоматическую блокировку узлов с потенциальным отказом.	3
	Автоматика выявляет причины всех потенциальных отказов системы и блокирует их, не допуская потенциального отказа.	2
Гарантированная безотказность	Автоматика предотвращает причины всех потенциальных отказов.	1

Предположим, что в составе Агрегата 1 идентифицированы 10 систем. Условно назовем их «Система 1», «Система 2», ... «Система 10». Определим значения S, O, D и RPN для каждой системы, руководствуясь сформированными выше шкалами. При этом также будем руководствоваться следующим:

- величину S необходимо определять исходя из наихудшего из возможных сценариев последствий отказа данной системы;
- при определении O необходимо учитывать даже те отказы системы, которые не имеют последствий (S = 1);
- при определении величины D необходимо учитывать не только возможность обнаружения потенциального отказа, но и скорость его развития: если после обнаружения будет недостаточно времени для предотвращения отказа, то D = 10.

После расчета RPN упорядочим все системы Агрегата 1 в порядке убывания RPN. В этом случае получим результат, похожий на таблицу 7.

Из таблицы 7 следует, что критичными являются отказы Системы 2, Системы 3 и Системы 5, умеренно критичными — отказы Системы 4 и Системы 8, а некритичными — отказы остальных систем Агрегата 1. Следовательно, приоритетом при ресурсном обеспечении должны пользоваться программы ТОиР и ТПиР первых трех систем.

Таблица 7. Ранжирование систем Агрегата 1 по величине RPN

	S	O	D	RPN
Система 5	10	9	8	720
Система 2	9	7	10	630
Система 3	9	7	9	567
Система 8	8	6	8	384
Система 4	7	5	8	280
Система 1	6	5	6	180
Система 9	6	5	5	150
Система 10	4	3	5	60
Система 6	4	3	4	48
Система 7	1	2	4	8

Для выработки адекватного объема воздействия на оборудование целесообразно разделить системы на узлы, провести приоритизацию узлов путем расчета RPN и с использованием шкал, аналогичных приведенным в таблицах 4–6 (вместо агрегата в таблицах должна фигурировать система, а вместо системы — узел). Далее детально проанализировать отказы выявленных критичных узлов, найти первопричины каждого отказа, и на этой основе выработать программы ТОиР или ТПиР. Аналогичную приоритизацию систем и узлов следует провести для Агрегата 2. Воздействие на оборудование приведет к уменьшению RPN критичных и умеренно критичных систем, а также к уменьшению RPN Агрегата 1 и Агрегата 2. После этого целесообразно провести повторно приоритизацию, повторить весь описанный выше алгоритм на более низком уровне рисков. Не существует принципиальных ограничений количества таких циклов. Цикличность позволит также оценивать эффективность принятых ранее решений, и производить их пересмотр, обеспечивая выполнение принципа непрерывного улучшения.

ЭС

Литература

1. Кац Б. А., Молчанов А. Ю. Цифровизация процессов управления ТОиР: проблемы и решения // ЭнергоStyle. 2018. № 4 (44). С. 28–34.
2. ГОСТ Р 51901.12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Стандартинформ. 2008. 35 с.



Крафтовый свет

Татьяна Мосунова, заведомо PR Свердловского областного краеведческого музея им. О. Е. Клера

Битва света с тьмой в больших городах решается в пользу света. Фонари, светофоры, неоновые рекламы, фары автомобилей, окна домов. Нам нужно приложить усилия, чтобы остаться в темноте. Сейчас уже трудно представить, что большую часть своей истории люди жили в полутьме. Очень медленно люди отвоевывали у тьмы вечера и ночи. Места, где они это делали, часто воспринимаются как места силы. Здания первых городских электростанций во многих городах сохраняют как памятники архитектуры, но это нечто большее, чем промобъект.

В самом центре Екатеринбурга, в квартале, с которым связаны большие инвестиционные проекты, сохранилось здание электростанции «Луч», построенной в кирпичном стиле, характерном для промышленной архитектуры конца XIX века. Сравнительно недавно первая электростанция была частью старой, ветшавшей улицы. Во дворах заброшенных усадеб жили бродячие собаки. Улицу не спасала даже близость с такими достопримечательностями, как поставленный на берегу Исети (главной реки Екатеринбурга) народный памятник ливерпульской четверке или гигантская клавиатура, оставшаяся после одного из арт-фестивалей. Горожане, слишком занятые ежедневными заботами, почти не заворачивали на боковую улочку. Но несколько лет назад улица, чудом сохранившая городскую застройку XIX века, стала вновь актуальной. Здесь началось строительство главного офиса Русской Медной Компании по проекту архитектора Нормана Фостера. Бюро «Стрелка» провело реконструкцию набережной и неожиданно здание старой электростанции стало частью модного квартала.

Само здание появилось в 1894 году. Архитектором выступил Александр Чирковский. Архитектор работал в кирпичном стиле. Лепные украшения и штукатурку он заменил декором из неоштукатуренного кирпича. Даже спустя 125 лет после постройки задние выглядят элегантно. О том, откуда берется свет в домах и на улицах, как жили до световой революции, горожане едва ли задумываются, но здание старой электростанции настраивает на романтический лад. Многим хочется узнать, что было за этим несколько необычным для Екатеринбурга фасадом с явными готическими

элементами. Попробуем рассказать историю о том, как Екатеринбург стал одним из самых светлых городов России.

Электрический заряд для светской жизни

Производство городского света в Екатеринбурге долгое время оставалось проблемой самих горожан. Городское освещение до 1860 года обеспечивалось заинтересованными гражданами. Общественные пространства освещались масляными светильниками, фонарями со свечами, факелами. Сто пятьдесят лет назад перешли на керосин. Керосиновые фонари давали силу света в 8–10 свечей. Продлить световой день люди желали для общения и развлечений. Когда на улицах стало ярче, появился смысл в вечерних прогулках, что стимулировало развитие моды. С появлением керосиновых фонарей на центральных улицах города и перед домами зажиточных горожан были врыты деревянные столбы высотой около 4 м. Но керосин чуть было не убил прогресс.

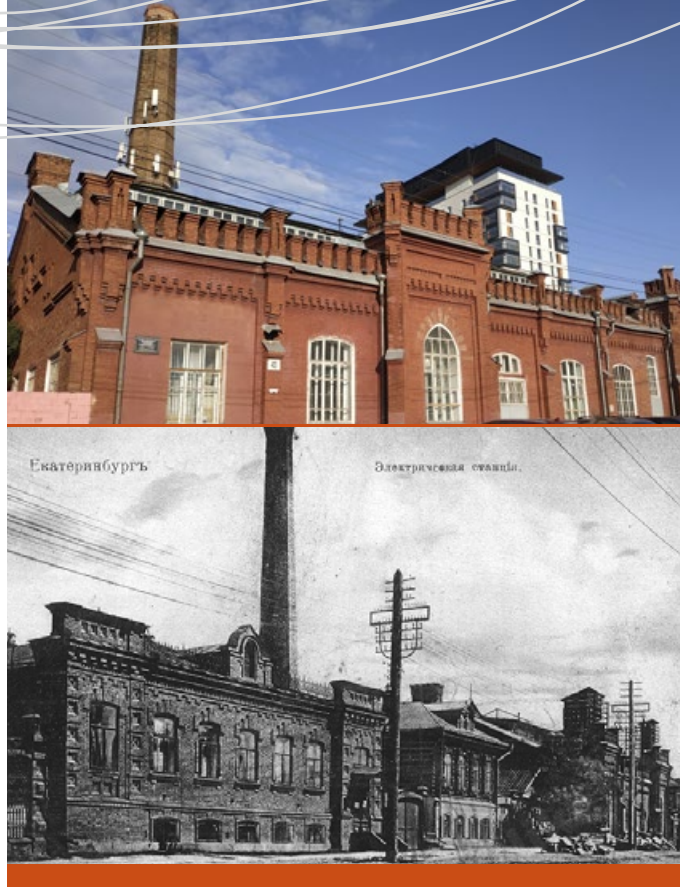
Российские электротехники 150 лет назад успешно конкурировали, а в некоторых случаях опережали, своих европейских и американских коллег. Электричество как новый источник света довольно быстро начало набирать популярность в России. В том же 1876 году, когда на улицах Екатеринбурга появилось 90 керосиновых фонарей, Павел Яблочков завершил разработку конструкции электрической свечи. Под названием «русский свет» свечи Яблочкова использовались для уличного освещения во многих городах мира. Заполучить изобретение Яблочкова в Екатеринбург помогла открытость на новшества уральских миллионеров. Мукомол, а по совместительству городской голова, Илья Симанов, решил применить новый свет на своем предприятии. Свет тогда делали практически вручную. Первое электричество Екатеринбурга освещало мучные амбары. Лампы, которые по привычке называли свечами, загорались от паровой динамо-машины.

Первый свет в Екатеринбурге имел европейские корни. Приказчики Симанова И. Л. Меннет и К. К. Ганау являлись представителями нюрнбергской электротехнической компании «Шуккерт». Когда в 1885 году в Екатеринбург приехал представитель «Товарищества П. Н. Яблочков и К^о электрического освещения в России» Иван Василевский, город был уже знаком с электрическим светом, но заезжий техник все равно смог поразить жителей Екатеринбурга. Для демонстрации возможностей света Василевский выбрал Городской театр. Электричество производил паровой двигатель. Василевский осветил сцену и ближайший перекисток. До этого времени никогда горожане не видели вечером друг друга так четко. Были ли рады артисты внезапному свету, спросить не удалось.

Депутаты не одобрили

Возможность вырваться из тьмы город воспринял почти как чудо. А предприниматели увидели в этом открывающиеся коммерческие возможности. Василевский решил развить успех и предложил на рассмотрение Городской Думе проект по развитию электроосвещения в Екатеринбурге. Его расчеты должны были убедить гласных Думы, что электричество в 10 раз дешевле керосина. Но екатеринбургские депутаты после долгой волокиты заявили, что ничего не понимают в этом, а потому готовы остаться при привычном керосине. Екатеринбург опередил Москву, в которой электрические фонари на улицах города появились в 1880 году, но из-за косности чиновников, не смог воспользоваться преимуществом. Василевский с досадой покинул город.

Решение вопроса перешло в коммерческий сектор. Было несколько попыток использовать электричество на улицах города, но централизованно торговать светом решили только спустя почти 10 лет после первых попыток. Это сделали купец Андрей Елтышев и инженер Николай Панфилов. Для этого они заказали проект будущего дома света



Александру Чирковскому и организовали «Товарищество электрического освещения в Екатеринбурге А. Елтышев, инженер Н. Панфилов и К^о». Чтобы произвести свет использовалась тепловая энергия. Паровой котел системы Вестингауза топился дровами. Он давал мощность равную силе среднего парохода 115 лошадиных сил. Динамо-машина вырабатывала 80 кВт. Самым заметным сооружением стала восьмигранная труба на каменном постаменте, но трубы не были новинкой в архитектурном облике Екатеринбурга. Запустили ток в 1895 году. Купцу Елтышеву удалось добиться согласия Городской думы на установку 8 электрических фонарей. Через год их было уже 42, но Дума продолжала сопротивляться прогрессу. Гласные посчитали, что оборудование слишком затратно, вновь уменьшили количество электрических ламп, вернувшись к использованию керосина. Электричество постепенно проникало в дома горожан. Только технический прогресс шел уже без строителей первой электростанции. Елтышев и Панфилов, разочаровавшись в доходности предприятия, продали оборудование Центральному электрическому обществу в Москве.

Опорный пункт революционеров

В 1909 году за кирпичными фасадами станции прошла модернизация. Появились 6 новых паровых машин системы «Буль», «Карельс» и «Рихард Поле», 3 газовых двигателя, генераторы тока «Пайнер» и «Вестингауз». К главному зданию станции было пристроено правое крыло, фасад стал асимметричным. Первым директором электростанции был назначен Стройновский, а в 1901 году Лев Кроль. Электростанция стала знаком не только технического, но и социального прогресса Екатеринбурга. Только к хорошему это, увы, не привело. По праву директора в 1902 году Лев Кроль ввел для работников электростанции 8-часовой рабочий день. Электростанция стала опорным пунктом будущих революционеров. Здесь тайно находился главный пункт Средне-Уральского комитета РСДРП. В 1904 году на электростанции даже начала работать подпольная типография. События первой русской революции (хотя на Урале они не были бурными) тоже не отрезвили Кроля. Он продолжал помогать рабочим, расшатывавшим устои старого порядка. В 1907 году Лев Кроль основал «Уральское технико-промышленное товарищество». На адрес общества приходила нелегальная литература для Екатеринбургского комитета РСДРП.

Электростанция развивалась и модернизировалась, освещая дома и улицы Екатеринбурга. Общая мощность ее генераторов к 1914 году достигла 1175 кВт. Это было чуть более чем 1500 лошадиных сил. По сравнению с моментом запуска она увеличилась почти в 20 раз.



Электростанция



Работники «Луча» на маёвке

Как подавали ток в особняки

В начале XX века состоятельные жители России уже могли позволить себе новые изобретения, такие как электрические газонаполненные, так называемые «полуваттные» лампы накаливания. Лампы чаще всего привозили из-за границы. Конструктивно в них уже использовалась вольфрамовая нить накаливания в стеклянной колбе, заполненной инертным газом. Электропроводка разводилась по дому открытым способом. Все распределительные элементы были исключительно керамическими. Электрические провода заводились в дом через крышу, образуя на чердаке главный первичный узел электроснабжения дома. Электропровода имели одну медную жилу с довольно толстым, сечением около 1 мм под двумя слоями изолятора. Первый слой внутренний был из резины, а второй тряпичная наружная изоляция. Через систему распределительных коробок на чердаке, электропроводка разводилась по комнатам, для чего были специально высверлены отверстия. Можно было регулировать количество включения рядов ламп (один ряд, два или все сразу).

Разруха

Екатеринбург вновь погрузился во тьму под конец Первой мировой. На станции случались перебои с топливом, рабочие начали призывать на фронт. Городское хозяйство постепенно приходило в упадок. Электричество освещало не только улицы, оно подавалось и в частные дома. Городская электростанция питала особняк миллионеров Поклевских-Козелл, который присвоил себе Совет рабочих и солдатских депутатов, а также дом инженера Ипатьева, в котором в 1918 году разместили царскую семью.

Хотя Екатеринбург был построен как город-завод, который использовал силу воды реки Исети, идея применения воды для получения электричества здесь долгое время не получала развития. Из-за войны оборудование электростанции не получало должного ремонта и обновления, и с приходом красных в 1919 году она перестала работать.

1920–1921 годы были крайне сложными для Екатеринбурга. Испанка и сыпной тиф унесли жизни нескольких тысяч горожан, дело довершил голод. Особняки, в которых было проведено электричество, заметно пострадали от грабежей. Уличное освещение так же нуждалось в реставрации. К 1922 году было объявлено о новой экономической политике. Советская власть собралась с силами и решила отметить свой первый юбилей пять лет волной переименований. У Екатеринбурга появились серьезные перспективы. Город начал готовиться к 200-летию и в нем снова начали видеть промышленный центр. Предполагалась большая стройка. Новые заводы, районы, жители.



Илья Мозги, «Балерина»

Нейминг — залог успеха

В 1922 году старая электростанция Екатеринбурга была переименована. Она стала называться «Луч». Но оборудование оставалось прежним. Как писали в отчете станции: «Нагрузка электростанции «Луч», несмотря на все ограничения для новых присоединений и ограничение пользования электроэнергией для моторов, росла неимоверно. Если в 1924 году максимум потребляемой энергии выражался в 820 кВт, то в 1925 году он дошел до 1190 кВт при общей мощности машин в 1060 кВт. Иначе говоря, станция работала не только без всякого резерва, но даже с перегрузкой до 12 %. Если учесть состояние старых машин, полную изношенность сети, перегрузку сетевых трансформаторов, то станут понятны все условия работы станции и ее персонала, станут понятны низкое качество нашего освещения, перерывы в подаче электроэнергии и недостаток уличного освещения.

Все же нужно сказать, что станция «Луч» и в техническом, и в хозяйственном отношении со своей задачей справилась. Ввиду дороговизны дров и трудности их получения, электростанция «Луч» частично перешла на минеральное топливо (челябинский уголь). Но энергетики предупреждали: «Без постройки новой электростанции гор. Свердловск (в 1923 году Екатеринбург был переименован) неминуемо шел бы к катастрофе. Старая городская станция «Луч», вследствие незначительной своей мощности, не может обслуживать даже самых настоятельных нужд города и в довершении, в силу изношенности своего оборудования, доживает последние дни». Электростанция «Луч» обманула всех, кто думал о ее смерти. В Свердловске в 1927 году была запущена новая электростанция, но «Луч» не закрыли.

Промышленный долгожитель идет на рекорд

Место, где делали крафтовый свет еще в XIX веке, благополучно проработало весь XX век и уже 20 лет XXI-го. Оно пережило даже вторую электростанцию, которая пришла ему на смену. Оказалось, что здание бывшей электростанции «Луч» идеально подходит для обеспечения током нового транспорта — трамвая. О трамвае в Екатеринбурге спорили более полувека, но запустить этот удобный и надежный вид транспорта



Бригада электромонтажников «Луча»



Электростанция «Луч», ул. Горького, 43



смогли только в 1929 году. В здании бывшей электростанции располагалась администрация и ремонтные цеха Энергохозяйства екатеринбургского Трамвайно-троллейбусного управления. Они там и сегодня.

В 1936 году со стороны ул. Гоголя был пристроен новый двухэтажный корпус, который скрыл пьедестал трубы. На его стене сохранилась советская вывеска «Электросеть». Электростанция «Луч» стала одним из немногих городских предприятий, чьи функции почти не изменились за последние 125 лет. Несколько лет въездные ворота бывшей электростанции украшала работа уличного художника Ильи Мозги «Балерина». Она как бы напоминала о том, что с приходом электричества изменилась вся городская эстетика. Сегодня здание электростанции «Луч» включено в реестр памятников истории и культуры Свердловской области. Это позволяет надеяться, что здание будет сохранено.

МИР ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКСПОЗИЦИИ ВЫСТАВКИ

АПРЕЛЬ / МАЙ / ИЮНЬ

Волгоград / 01.04–03.04

«ЭНЕРГО-VOLGA»

23-я Межрегиональная выставка-форум

Венгрия, Будапешт / 01.04–05.04

«Reneo»

Международная выставка

Бангладеш, Дакка / 02.04–04.04

«Power-Gen Bangladesh Expo»

Выставка

Италия, Неаполь / 02.04–04.04

«EnergyMed»

Конференция и выставка

Германия, Шветцинген / 04.04–05.04

«EnergieMesse Rhein-Neckar»

Выставка

Иркутск / 07.04–10.04

«Энергоэффективность. ЖКХ»

23-я выставка

Москва / 14.04–16.04

«ElectronTechExpo»

18-я Международная выставка

«ExpoElectronica»

23-я Международная выставка

США, Денвер / 14.04–17.04

«Electric Power»

Конференция и выставка

Грозный / 15.04–16.04

«ПромЭнергоЭкспо»

Специализированная выставка

Япония, Токио / 15.04–17.04

«Energy Power Saving Expo Nagoya»

Международная выставка

Москва / 21.04–23.04

«RENWEX. Возобновляемая энергетика

и электротранспорт»

Международная выставка

Польша, Познань / 21.04–23.04

«Exporpower»

14-я Международная выставка

Китай, Шэньян / 24.04–26.04

«Northeast International China Electricity &

Electrotechnology Equipment Exhibition»

23-я Международная выставка

Санкт-Петербург / 27.04–29.04

«Энергетика и электротехника»

27-я Международная специализированная выставка

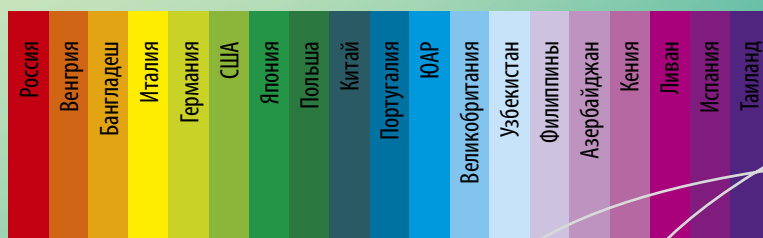
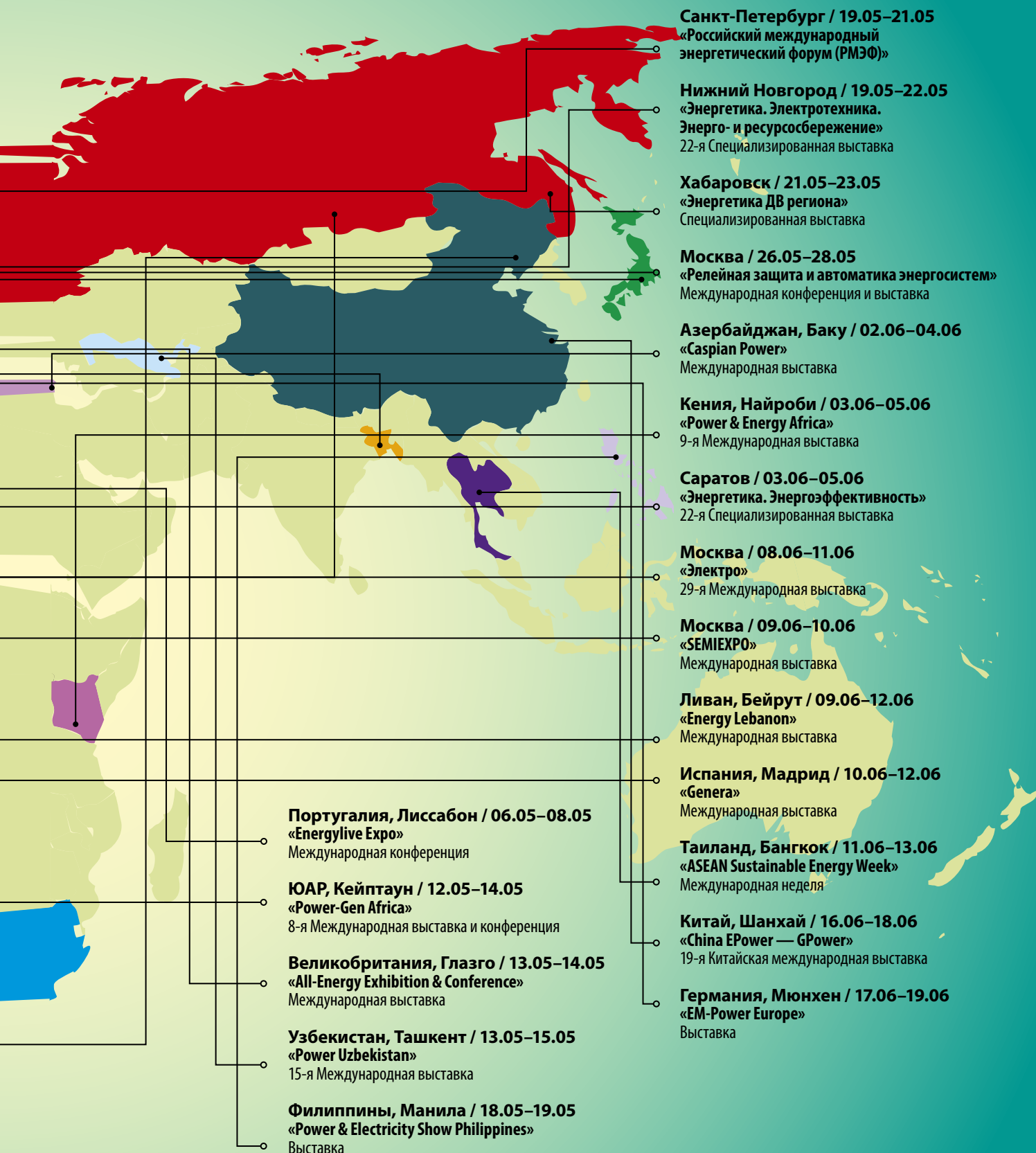
Германия, Берлин / 04.05–06.05

«Berliner Energietage»

Выставка и конференция

«Power-Gen India & Central Asia»

18-я Международная выставка и конференция





«Триольда»: включаем энергию!

Беседовала **Мария Лупанова**
Фото **Глеба Махнева**

Удивительно, как лампа проектора, инфракрасный луч, улавливающий тепло, биосенсоры, закрепленные на зрителях и подключенные к компьютеру, не только помогают создавать на сцене жизнь человеческих страстей и духа, но и могут повернуть спектакль в иное русло здесь и сейчас! В этом можно было убедиться в ноябре 2019 года на фестивале contemporary dance (современного танца) «На грани», который прошел в Екатеринбурге уже в девятый раз.

Один из постоянных участников фестиваля — эстонский коллектив «Fine 5 Dance Theatre», который был создан в 1992 году пятью танцовщицами (отсюда и название). В 1994-м они открыли свою школу, оказывающую серьезное влияние на развитие современного танца в Эстонии. С 1997 года во главе коллектива встали двое из его основателей — Тийна Оллеск и Рене Ныммик, которые дали интервью специально для журнала «ЭнергоStyle». Поводом для разговора стал спектакль «Триольда» — своеобразный «концентрат» истории о любви-смерти Тристана и Изольды, воспетой в опере Рихарда Вагнера, изложенной языком современной хореографии с привлечением различных технологий и при этом невероятно человечно!

Тристан и Изольда

В искусстве существуют вечные образы и связанные с ними сюжеты (Одиссей, Дон Жуан, Фауст и Мефистофель, Гамлет, Ромео и Джульетта, Дон Кихот и т.д.). В разные эпохи Художники раскрывают их каждый по-своему, в итоге получают совершенно новые оригинальные произведения, обогащенные дополнительными, а то и совсем новыми смыслами. Такой «матрицей» для художественных вариаций стала и кельтская легенда о Тристане и Изольде (первый роман по ее мотивам написан в XII веке), достигшая своей вершины в одноименной опере Рихарда Вагнера, которую композитор считал своим лучшим сочинением.

История о двух влюбленных, которым не суждено было быть вместе. Тристан насильно вез на корабле своему дяде (королю Корнуолла) невесту (ирландскую принцессу Изольду). Но до этого он успел убить ее прежнего жениха, сам был ранен, а Изольда, не ведая истинного имени раненого, вы-

ходила его. Потом принцесса случайно узнала о содеянном, но взгляд Тристана настолько ее покорило, что она влюбилась, решила отравить его и выпить яд сама. Вместо этого они осушили подмененный служанкой кубок с волшебным напитком любви. Вагнер, по словам музыковеда Михаила Друскина, «создал поэму о мучительной всепоглощающей страсти, которая сильнее рассудка, чувства долга, родственных обязательств, которая опрокидывает привычные представления, разрывает связи с окружающим миром, с людьми, с жизнью». К слову, сюжет для композитора был весьма близок (его любовные увлечения чужими женами — известный факт биографии): во время написания оперы Вагнер жил в доме богатого цюрихского торговца шелком Отто Везендонка и был влюблен в его молодую жену Матильду. Но в его «Тристане и Изольде» чувственная страсть возведена в абсолют, идеализирована, становится гимном мучительной любви, обратная сторона которой — смерть («Итак, умрем, чтоб вечно жить»). «Тристан и Изольда любят как боги, а не как люди» (Друскин). В этой опере мало событий, хотя длится она около пяти часов чистого времени. Здесь все внимание сосредоточено на душевных переживаниях главных героев.

«Триольда»

Перед спектаклем «Триольда» танцовщики нашли среди зрителей четырех «добровольцев», которым на пальцах зафиксировали обычные медицинские биосенсоры, подключенные к компьютеру. Объяснили, что во время просмотра, в зависимости от испытываемых эмоций, от каждого будет поступать сигнал и влиять на звук фонограммы в реальном времени. Заинтригованная таким началом, я «подключилась» к действию. И, несмотря на все «проводочки», это оказалась по-настоящему человеческая, проникновенная, вечная и абсолютно современная история. На сцене лишь Тристан (Симо Круусемент) и Изольда (Тийна Оллеск) — представители двух разных миров, экран, разделенный черной полосой и музыка. Которая еще не музыка, потому что заявленный в программе Вагнер глубоко запрятан под толщей грануляции, и только к самому финалу тема прорывается в чистом виде (впрочем, благодаря нам, четырем «сопереживающим», вагнеровские интонации по ходу спектакля периодически вырывались «на поверхность»). Сквозь этот звуковой хаос, разделительную видеополосу, которая (в зависимости от движений танцовщиков) активно меняла ширину, направление и т.д., происходит постепенное сближение героев. Попытка слияния миров двух людей (каждый ведь на своей «орбите») приводит к кратковременному образованию общего «космоса», но «ничто не вечно под луной» и Тристан погибает. А Изольда, как памятник великой любви, застывает под гимническое звучание вагнеровской темы *Liebestod* (Любви-смерти) на фоне графичного изображения, будто воронка, затягивающего нас в вечность... Понятно, что танец словами не расскажешь. Надо видеть. Но узнать «изнутри» из чего вырастает то, что потом называется большое Искусство, думаю, интересно. В этом нам помогут постановщики спектакля Рене Ныммик и Тийна Оллеск.

Фото Рина Поморцева





Мария Лупанова (М. Л.): Рене, расскажите, пожалуйста, как возникла идея создания спектакля «Тризольда»?

Рене Ныммик (Р. Н.): В его замысле участвовали не только мы с Тийной, как хореографы, но и специалисты Таллиннского университета кафедры цифровых технологий Илькка Косонен (Ilkka Kosonen, Финляндия) и профессор Александр Валямяэ (Aleksander Väljamäe), а так же композитор, преподаватель Эстонской академии музыки и театра Ханс-Гюнтер Бруно Эрих Локк. Илькка, как большой поклонник музыки Вагнера, сославшись на слова великого композитора о том, что в искусстве необходимы эксперименты, предложил взять музыку из второго акта оперы «Тристан и Изольда», где нет активного развития сюжета, зато можно передать невероятную гамму чувств от ненависти до любви и задеть тему смерти. Любовь и смерть — вечные темы. Здесь не нужны декорации: только пустое пространство, два танцора и цифровые технологии. Мы ушли от истории, оставили лишь мужчину и женщину вне времени, исследуя, насколько продолжительно их чувство. Но Вагнер — гений, и мы понимали, что просто танцуя под эту музыку, мы не дотянем до его уровня. Решили поискать в другом направлении по смыслу, ощущениям.

М. Л.: И пришли к тому, чтобы «поверить алгеброй гармонию», как пушкинский Сальери? Что вас подвигло к столь неожиданному сотрудничеству с представителями точных наук?

Р. Н.: В 2017 году мы работали с учеными-нейробиологами, участвуя в проекте «Demultiplexia»*. Суть была в том, что во время танца Тийны и Симо сигналы их мозга, отвечающие за эмоциональное состояние (на них были шапочки с электродами), передаются на компьютер, обрабатываются и трансформируются в картинки и музыку на экране. Это была сложнейшая задача, инициированная Александром Валямяэ. В сфере его научного интереса — телепатические возможности человека, которые, на его взгляд, могут стать в будущем основой для общения между людьми. Понятно, что на получение значимых результатов в подобных исследованиях требуются годы. Поэтому конкретно этот проект с научной точки зрения успешным назвать было нельзя, зато мы приобрели интересный творческий опыт. И через год он послужил импульсом для создания спектакля «Тризольда».

М. Л.: От чего именно вы оттолкнулись?

Р. Н.: Илькка предложил «подключить» некоторых зрителей к нашему перформансу, в прямом смысле, зафиксировав у них на пальцах обычные медицинские биосенсоры, подающие сигналы на компьютер. Дело в том, что звук в этом спектакле многослойный: фонограмма с небольшими паузами во время звучания трансформируется с помощью технологии гра-

нулярного синтеза. Сигнал, полученный от зрителей (а компьютер отбирает самый сильный из них), влияет на уровень грануляции. Почему нам это было интересно? Во-первых, для исполнителей такой интерактив вносит в каждый спектакль определенный нерв и свежесть. Они, конечно, знают хореографию, которая разложена по темам в три части. На каждую часть написана фонограмма. Но были спектакли, когда под влиянием эмоций зрителей первая часть, например, шла на минуту дольше, соответственно, спектакль внутренне менялся. Грануляция идет волнами, сначала музыки за ней практически не слышно, но когда появляются вагнеровские интонации, это значит, что «подключенные» зрители всерьез сопереживают. По замыслу в чистом виде музыкальная тема «Любови-смерти» появляется только в финале.

Тийна Оллеск (Т. О.): Кстати, были спектакли, когда этой темы мы так и не услышали, а в Екатеринбурге она очень чисто прозвучала. Когда подключены музыканты, сразу чувствуется.

Р. Н.: Мы не стремились сделать просто фишку, привлекая людей техническими штучками. Эти подключения отчасти делают зрителей «создателями» звука, но кардинальных метаморфоз, даже от большого желания человека не произойдет, такой «магии» не будет. (Смеется.) Они влияют только на субъективное восприятие танцоров. У нас есть записи всех спектаклей и можно увидеть ощутимую разницу, которая привнесена нашими зрителями.

Кстати, прежде чем ввести этот фактор в спектакль, мы «апробировали» его со студентами кафедры цифровых технологий в их учебной практике. На пяти спектаклях они присоединяли желающим сенсоры, следили за параметрами, сравнивали. Одна девушка из магистратуры делала на эту тему исследование. Еще в Таллинском университете есть международная программа «Музыка и искусство». Одно из заданий ее учебного плана — написание эссе о произведении в театре. И вот 20 студентов, посмотрев «Тризольду», письменно изложили свои мысли. Это было интересное исследование с учетом того, что некоторые из этих ребят (в том числе из Африки) вообще никогда не были в театре! Они впервые смотрели contemporary dance (современный танец), не имея никакого контекста.

Когда мы работали над проектом, понимали, что все эти технические штучки меняются очень быстро. Нам хочется их использовать, но это не самоцель. Возможен лабораторный эксперимент, чтобы показать влияние того или иного гаджета, чтобы экспериментировать с движением, светом, пространством, музыкой. Просто поработать с идеей. В данном случае, она вылилась в художественный проект, где эмоциональное воздействие танцовщиков порождает ответные импульсы публики, влияющие на дальнейшее действие.

* Демультимплексор — это логическое устройство, предназначенное для переключения сигнала с одного информационного входа на один из информационных выходов. Таким образом, демультимплексор в функциональном отношении противоположен мультиплексору.



Т. О.: В «Тризольтде» мы используем различные интерактивные технологические решения. Прежде всего, это взаимодействие между движением и звуком. У каждого из танцовщиков есть своя тема (из музыки Вагнера) — заранее записанная и обработанная определенным образом, а вот ее появление напрямую зависит от движения героев. На сцене их on-line фиксирует камера, в компьютер передается сигнал, и синхронизирует каждого со своей темой. Так что звучание отчасти зависело от подключенных зрителей, а отчасти от нас — танцовщиков. Помимо этого в спектакле есть связь между движением и визуализацией. Когда исполнитель танцует, на заднике сцены (или на полу) появляется изображение, вторящее ему, будто тень. Оно может быть как абстрактным, так и человекообразным. Эти интерактивные решения могут появляться вместе или по отдельности, но всегда работают на образ.

Р. Н.: Да, но в начале творческого процесса мы все же главное внимание уделили работе над сложными характерами главных героев, много импровизировали с танцорами нашего театра и созданный материал лег в основу спектакля. Для нас было важно исследовать природу любви в отношениях между мужчиной и женщиной в театральном пространстве, где различные технологии поддерживают основную идею, но не являются самоцелью... Это касается и видео (Валентин Сильченко). Можно было показать массу красивых иллюстраций, но мы искали принципиально другую визуальность, отталкиваясь от драматургии спектакля, и сначала зритель видит всего лишь одну черную линию, которая «реагирует» на танец героев. Затем ее «жизнь» вслед за развитием событий становится очень активной, и линия претерпевает серьезные метаморфозы. Кстати, на показах «Тризольтды» в эстонских, шведских и литовских театральных залах белый экран был просто фоном, а со светодиодным экраном мы впервые работали в Екатеринбурге. Это был особенный опыт.

Т. О.: Финал спектакля, где Изольда остается на сцене одна, визуально является одним из самых сильных. Идея состоит в том, чтобы начать показывать видеоизображение — круги — на моем платье, затем они постепенно закручиваются в большую спираль, которая по нашему представлению, «пронизывает» все пространство и раскрывается во Вселенной». Но из-за слабой лампы видеопроектора на Новой сцене Театра музыкальной комедии нужного эффекта не достиглось, зато здесь был LED-экран! И за 10 минут до начала спектакля мы решили весь визуальный ряд показывать на нем. Было очень интересно поработать с таким масштабом видео.

М. Л.: А что для вас значит энергия спектакля? Она же в каждом случае иная. Как ее донести до зрителя?

Р. Н.: Есть много важных «энергетических» компонентов. Это интеллектуальные процессы, лежащие в основе создания и развития постановки: хореография, драматургия, музыка, визуальные идеи и т. д. — все специалисты, участвующие в процессе создания постановки, вносят свой «энергетический» вклад и с помощью театральных средств, и благодаря личной работе каждого. Но как спектакль оживает — это всегда загадка. Все, что мы делаем — это одна сторона медали, а другая — зрители: какую энергию они несут, как реагируют.

М. Л.: А вы чувствуете энергию зала?

Т. О.: Очень! И она бывает совершенно разная! Иногда я чувствую сначала недоверие со стороны зрителей («посмотрим...»). А порой понимаешь, что публика с нами сразу на одной волне. В такие моменты может случиться что-то очень красивое и существенное. И то, что важно для меня, становится важным и для зрителя. Я считаю, что артист на сцене несет большую ответственность, и может даже миссию. Если я точно знаю, что делаю, если внутренняя энергетическая система и взаимодействие со зрителями на энергетическом уровне работают, тогда все идет по верному пути.

М. Л.: Учитывая, что танец — невербальное искусство, это особенно сложно. Публика разнородна, нередко бывают случайные люди и совсем не подготовленные к восприятию contemporary dance. И, тем не менее, реакция на увиденное у них все равно есть.

Р. Н.: Для меня это очень интересный вопрос. Чтобы понять мир вокруг нас, мы должны, прежде всего, попытаться понять себя, свои мысли, чувства и наши отношения с миром. Часто спрашивают: «Как следует понимать современный танец, его язык?» Конечно, искусство, в том числе танцевальное, может быть повествовательным, иллюстративным, и от того простым и доступным каждому. Но тогда художественный талант хореографа и его индивидуальный мир исчезает. Мы столкнулись с такой дилеммой при создании *Trisolde* — тема отношений между мужчиной и женщиной в танце, мягко говоря, не очень оригинальна, и понятна всем. Но как сделать, чтобы она достигала новой глубины, была интересной сегодня? Чтобы зритель, понимая суть, с интересом продолжал смотреть до конца. Мне кажется, к такому воплощению замысла стремятся абсолютно все артисты. Но, если в драматическом театре слово пронизывает пространство и мысль мгновенно достигает зрителя, то танец «говорит» иначе — хореография может быть истолкована по-разному.

Т. О.: В этом волшебство танца.

Р. Н.: Да, но это также серьезный вызов и для создателей, и для зрителей. Это интересно. Мы стремимся к живому сценическому событию, где танец имеет смысл, присутствует мастерство исполнителей и воля Художника. Необходимо ощущение того, что происходящее на сцене создается здесь и сейчас. Вероятно, это может быть важно и для зрителя (но не в случае, когда он ожидает прямого сюжетного изложения), который готов воспринять и принять увиденное. Я считаю важными знаковые слова мистика первой половины XX века Георгия Гурджиева о том, что смысл человеческой жизни в том, чтобы научиться соединять в любой момент свои эмоции, тело и интеллект. Он провел аналогию: мозг — это ямщик, тело — карета, а эмоции — лошадь. Думаю, умение управлять этой «тройцей» пригодится нам всем не только в повседневной жизни, но и в жизни души каждого. При просмотре, например, спектакля, прислушивайтесь к своим мыслям, чувствам и реакциям, к тому, что не сразу ясно и легко объяснить. Серьезные произведения имеют глубокий смысл, но мы должны учиться его понимать. Это, конечно, не исключает критического и аналитического мышления.

Т. О.: Мне кажется, при таком отношении к жизни и гуманности будет больше. Эта проблема сейчас стоит остро во всем мире.

Р. Н.: Да, работа с самим собой становится все более важной в современном мире, где мы окружены отчаянным количеством информации, манипуляций, возможностей, приманок, соблазнов... Многие считают важным в жизни найти человека, но только единицы знают, что важнее найти себя. Наступает время искать ответы на вопросы: «кто мы, чем занимаемся в этом мире?» Поиск может занять не один год, может и всю жизнь. Танец, как и другие виды искусства, ставит такие вопросы, заставляет нас думать и предлагает свои ответы.

М. Л.: Вот вы работаете над хореографией — пришла идея, начинается воплощение. Как из конкретных физических движений возникает метафизическое действо? Откуда берется «душа» танца?

Р. Н.: Я не знаю правильного ответа, и есть ли он? Содержание и «душа» танцевального спектакля создаются в творческом сотрудничестве всех постановщиков, а личности артистов играют очень важную роль в достижении конечного результата. Отдельная тема — подготовка к выступлению. Опытные артисты знают, как разогревать и мышцы, и мысли, как настроиться, какие задачи ставить. Мы, например, наряду с обычными физическими упражнениями, делаем голосовые, потому что они идут из глубины тела. Мы часто работаем через импровизацию, пусть в представлении остается из этих этюдов немного, но они являются частью развития мысли. «Вылепить» образ получается не сразу, постоянные репетиции, закрепление достигнутого, бесконечная проверка — работает ли. Работа должна идти, прежде всего, с самим собой. Важно найти положительную энергию. Если душой не зацепила, телом долго не удержишь.

Т. О.: Танцоры хорошо знают, как «включить эту кнопку».

Р. Н.: Потому что научились регулярно черпать вдохновение и открывать для себя новые миры. Танец не состоит только из высоких мыслей и



идей, а является частью повседневной практической рутины. В процессе мы учимся. Маленькие наблюдения учат нас великим вещам. Так просто, но и так трудно!

Вот мы приехали из Эстонии на Урал, привезли спектакль и не могли представить, как он будет здесь принят. Но мы сейчас понимаем друг друга без проблем, потому что дело не в расстоянии и языке. Это вопрос общих человеческих поисков, идей, вопрос образного мышления и степени искренности. Возможно, мы лучше понимаем друг друга в простом и открытом человеческом общении? А возможно, благодаря танцу?

Это правда. Человечество складывается из отдельных людей, нас многое разделяет, но во все времена в любой точке мира каждого из нас волнуют одни и те же темы. Благодаря универсальному языку искусства разговор о них становится доступней. И от того, какие резонаторы нашей души будут задеты, зависит, станем ли мы хоть чуточку лучше. «Так просто, но и так трудно!»

27-29
АПРЕЛЯ 2020

**КЛЮЧЕВАЯ
ПЛОЩАДКА
СФЕРЫ ТЭК**



РОССИЙСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
РМЭФ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ФОРУМ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



**МИНПРОМТОРГ
РОССИИ**



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР



ПАРТНЕРЫ



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

ENERGYFORUM.RU
rief@expoforum.ru
+7 (812) 240 40 40, доб.2127

EXPOFORUM

ENERGETIKA-RESTEC.RU
energo@restec.ru
+7 (812) 303 88 68



18+



ИЗОЛЯТОРЫ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ
СПИРАЛЬНАЯ АРМАТУРА
АРМАТУРА ДЛЯ ЛЭП
АРМАТУРА СИП
ПРОВОД СИП
МОЛНИЕЗАЩИТА
КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ
ОПОРЫ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ
НАТЯЖНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

on-line
заказ
WWW.locus.ru

8-800-201-42-75

АДРЕСА ОФИСОВ:

Локус. Екатеринбург:
620062, г. Екатеринбург, ул. Генеральская, 7
тел./факс: (343) 375-87-87, 375-88-06
e-mail: locus@locus.ru

Локус. Новосибирск:
630083, г. Новосибирск, ул. Большевицкая, 177, оф. 425
тел./факс: (383) 227-82-58, 227-82-66, 227-82-79
e-mail: locus-nsk@locus.ru