

ЭнергоStyle

Наполним жизнь энергией!

№ 4 (56) декабрь 2021



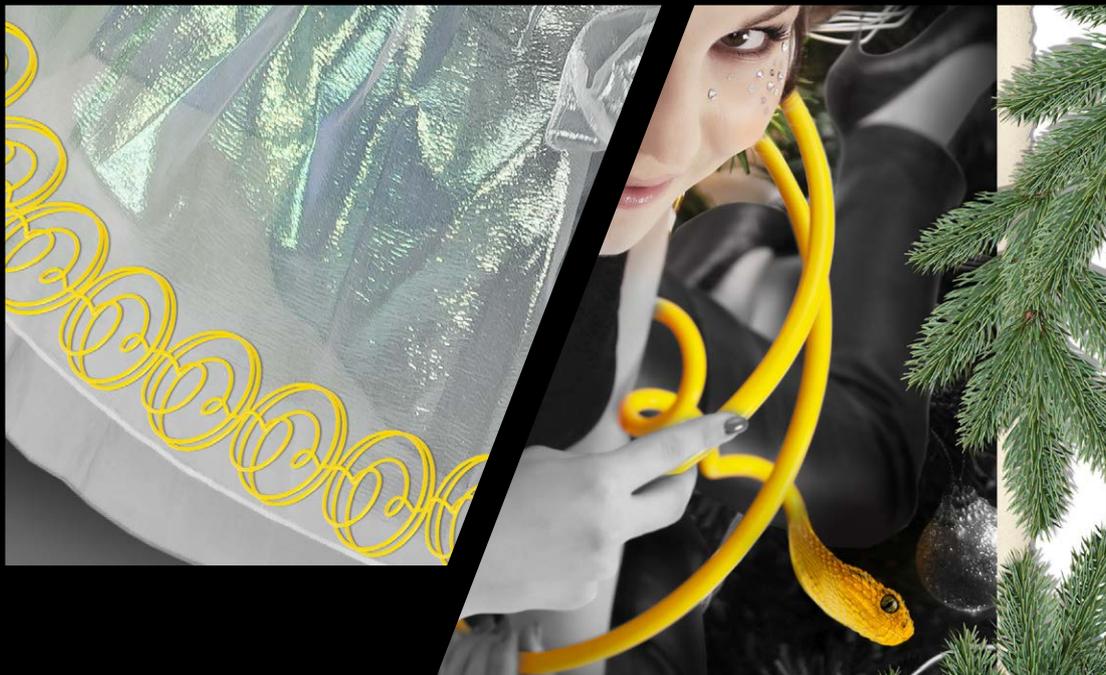
Воздушные линии в поле зрения CIGRE

Водородная энергетика. Не опоздать бы

Smart Grid и мониторинг льда на проводах

Метаморфозы: спиральный отпугиватель птиц

ЭнергоStyle



Содержание

- 4 стр. **News**
- 8 стр. **Актуально**
«Воздушные линии». Исследовательский комитет В2
- 14 стр. **Взгляд в будущее**
Водородная энергетика. Не опоздать бы...
- 18 стр. **Энергосервис**
О роли энергетического сервиса в теплоснабжении
- 22 стр. **Надежность ЛЭП**
Показатели и методы анализа надежности ЛЭП в режиме реального времени
- 28 стр. **Алгоритм**
Специфика монтажа ВЛ 6–35 кВ с защищенными проводами
- 32 стр. **Подробности**
Сети Smart Grid. Оптический кабель в системах контроля гололедообразования
- 40 стр. **Практика**
Решения в кабеленесущих конструкциях
- 42 стр. **Детали**
Замок вместо талрепа
- 44 стр. **Метафорфозы**
Фотосессия. Спиральный отпугиватель птиц
- 52 стр. **Электроистории**
Светодиоды — «русский след»
- 56 стр. **Что. Где. Когда**
Мир энергетики в экспозиции
- 58 стр. **Культпросвет**
Быстрее, быстрее, еще быстрее



ЭнергоStyle

декабрь 2021, № 4 (56)

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:

Дмитрий Гиберт, Юлия Егорова, Юлия Жилкина,
Александр Журавлёв, Александр Зигун, Валерий Кавченков,
Евгений Ляпунов, Татьяна Мосунова, Алексей Назаров,
Олег Ромахин, Леонид Салмин, Яков Щёлоков

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/zhurnal-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: 2000 экз.

Дата выхода в свет 09.12.2021

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.



Друзья!

Декабрь — ваш месяц, поздравляю с профессиональным праздником! День энергетика бывает только раз в году, а свой профессионализм и умение решать самые сложные задачи вы подтверждаете ежедневно, не уповая на то, что «прилетит вдруг волшебник». Желаю интересных перспектив в работе, слаженности в коллективах, взаимопонимания в сотрудничестве с партнерами, творческого подхода к нестандартным ситуациям, здорового оптимизма, а вызовы времени и актуальные повестки в энергетической сфере воспринимать как путь к самосовершенствованию! Пусть новые технологии делают ваш труд более комфортным, продуктивным и безопасным!

Опять же, праздник не приходит один, за ним сразу второй — всеми любимый. С Новым годом вас! Желаю, прежде всего, здоровья! И оно будет крепче, если вашу душу заполнят гармония, радость и любовь. А еще — чувство юмора в помощь! Благополучия вам, позитивного настроения, теплых, искренних отношений, жизнелюбия и осуществления самых заветных желаний! Будьте счастливы!

Мария Лупанова, главный редактор

Уважаемые коллеги!

Поздравляю вас от всей души с профессиональным праздником — Днем энергетика!

Пусть объем работы будет всегда по плечу, здоровья — с запасом, а проекты — с правильным прицелом на будущее! «Локус» со своей стороны, как опытный комплексный поставщик, всегда готов оказать профессиональную поддержку во всех ваших начинаниях и в осуществлении технических решений.

А еще в эти дни я с удовольствием говорю вам: «С наступающим!» Искренне рад вашим успехам в этом году, и пусть они приходят снова — в следующем. Счастья, благополучия, взаимовыручки, тепла и душевных каникул! С Новым годом и светлым праздником Рождества!

*С уважением, Артём Камынин,
генеральный директор
ООО «Холдинговая Компания «Локус»*



Коллеги!

Поздравляю вас с Днем энергетика и Новым годом!

Хочу пожелать работы без аварийных режимов, счастливой жизни без напряжения, высокого сопротивления всем невзгодам! Пусть на балансе мощности энергосистемы организма каждого из вас будет много сил и здоровья! Пусть в наших головах всегда работает генератор гениальных идей!

*Евгений Волоси,
директор ООО «Завод Энергетик»*

ООО «Завод Энергетик»





Электрозаправки в Уфе

АО «БЭСК» (дочерняя компания АФК «Система») открыло в Уфе сразу две новые электрозаправки мощностью 60 кВт каждая. Режим mode-4 с постоянным током позволяет зарядить электромобиль примерно за 20 минут в зависимости от емкости аккумулятора. Торжественная церемония ввода в эксплуатацию зарядных станций состоялась во время открытия Российского энергетического форума в Уфе. Посредством видеосвязи руководитель администрации Главы Республики Башкортостан Александр Сидякин и Председатель Правления — генеральный директор АО «БЭСК» Сергей Гурин по телемосту дали разрешение на пуск, и обе электрозаправки начали заряжать первые электромобили.

Комментируя событие, Сергей Гурин отметил: «Как известно, в августе этого года правительство России приняло Концепцию по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. В соответствии с этой концепцией до 2024 года запланирован запуск в эксплуатацию 9,4 тысяч зарядных станций, из которых не менее 2,9 тысяч — быстрые зарядные станции. Нам приятно, что в реализации этой концепции есть частица и нашего участия».



Правовой статус зеленой энергетике!

На конференции, посвященной приоритетам рыночной электроэнергетики в России, Виталий Королев, занимающий пост заместителя руководителя ФАС России, поднял вопрос о необходимости введения налоговых и экономических мотиваций для предприятий, развивающих ВИЭ. По его словам, важно назначить правовое положение инструментов, заверяющих источник образования зеленой энергии и привязать их к существующей системе регулирования.

На текущий момент предприятия следуют общемировым стандартам ESG-отчетности, и антимонопольная служба считает, что требуется ввести прямую мотивацию производства и покупки данного вида энергии. Это даст дополнительное совершенствование возобновляемой энергии и поможет достигнуть углеродной нейтральности. Служба займется вопросами образования цен ВИЭ на рынке, подчеркнул заместитель главы ФАС, а также будет контролировать задачи с госрегулированием определения стоимости «зеленых» источников энергии. Для быстрого развития этого направления в энергетике следует соблюдать гибкость регулирования в комплексе с инструментами государственного и рыночного значения, что даст больше возможностей для взаимного сотрудничества.

Кольско-Карельский транзит

В рамках строительства второй цепи Кольско-Карельского транзита введена в работу новая ВЛ 330 кВ Борей — Каменный Бор № 1. Филиалы Системного оператора ОДУ Северо-Запада и Карельское РДУ обеспечили режимные условия для проведения ее комплексного опробования и ввода в работу. Линия протяженностью 124,325 км была образована при реконструкции ВЛ 330 кВ Ондская ГЭС — Путькинская ГЭС.

Проект строительства второй цепи Кольско-Карельского транзита охватывает три региона России — Республику Карелию, Мурманскую и Ленинградскую области. Линии электропередачи общей протяженностью более 1000 км строятся параллельно действующему транзиту, который был введен в работу еще в 1980-х годах. Однако сегодня пропускной способности существующего транзита уже недостаточно.

Основные эффекты от реализации проекта — обеспечение надежности электроснабжения потребителей энергосистем Республики Карелия и Мурманской области, уменьшение невыпускаемой мощности энергосистемы Мурманской области, повышение пропускной способности транзита Кольская энергосистема — энергосистема Санкт-Петербурга и Ленинградской области.



«Россети ФСК ЕЭС» (ПАО «ФСК ЕЭС») обновит релейную защиту на крупнейшей магистральной подстанции Сибири — «Итатская», объем инвестиций составляет 100 млн рублей. Будет установлено 9 шкафов современного оборудования российского производства, что повысит надежность работы важнейшего центра питания Сибири. Мощность подстанции 1150 кВ «Итатская» составляет 1002 МВА. Она обеспечивает выдачу мощности четырех крупнейших электростанций Красноярского края и Республики Хакасия — Саяно-Шушенской ГЭС, Красноярской ГЭС, Назаровской ГРЭС и Березовской ГРЭС-1 — в Объединенную энергосистему Сибири.

В ходе работ на подстанции взамен выработавших свой ресурс микроэлектронных устройств будут установлены современные аналоги на микропроцессорной основе. Новые защиты отличаются высокой чувствительностью, быстродействием и увеличенным сроком службы — свыше 20 лет. Новые устройства РЗА обеспечат защиту от коротких замыканий силового оборудования подстанции и линии электропередачи 500 кВ «Итатская — Ново-Анжерская», связывающей энергосистемы Кузбасса и Красноярского края. Завершение модернизации планируется на 2022 год.

По материалам www.eprussia.ru



Предприятия НК «Роснефти» переходят на энергосберегающие источники света. Компания «Уфаоргсинтез» перевела всю сеть уличного освещения на светодиодные светильники, работающие в автоматическом режиме, что снизило энергопотребление более чем в 3 раза — на 3,4 млн кВт-час в год. На Куйбышевском НПЗ заменили более 90 % ламп наружного освещения, и в 2020 году потребление электричества сократилось на 889 тыс. кВт-часов. Общая экономия от перехода на современные источники света составила 3,7 млн рублей. Более 90 % энергосберегающих ламп установлены в светильниках наружного освещения на Новокуйбышевском НПЗ, экономическая эффективность — более 17,7 млн рублей в год. На производственных площадках «Башнефть-Добыча» около 70 % светильников наружного освещения и 65 % офисных уже заменены на светодиодные. В планах предприятия — полный переход на энергосберегающие лампы. Планируемый экономический эффект составит более 20 млн рублей в год. Переход на LED-лампы в офисных помещениях «РН-БашНИПинефть» позволил снизить потребление электроэнергии более чем на 440 тыс. кВт-часов или 2,2 млн рублей. В «Оренбургнефть» более 80 % светильников заменены на энергосберегающие лампы. На производственных объектах, в зданиях и сооружениях за 9 месяцев 2021 года обновили более 700 светильников, до конца года планируется обновить еще 150. «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» за последние 5 лет произвела замену 4 тыс. светильников и ламп на светодиодные и потребление электроэнергии было снижено на 2,2 млн кВт-часов на сумму 7,3 млн рублей. На Ново-Уренгойском лицензионном участке «Роспан Интернешнл» в 2020 году установлено более 160 светодиодных светильников — 90 % от всех источников света на объекте. Фактическая экономия за год составила 189 тыс. кВт-часов или более 1,5 млн рублей.

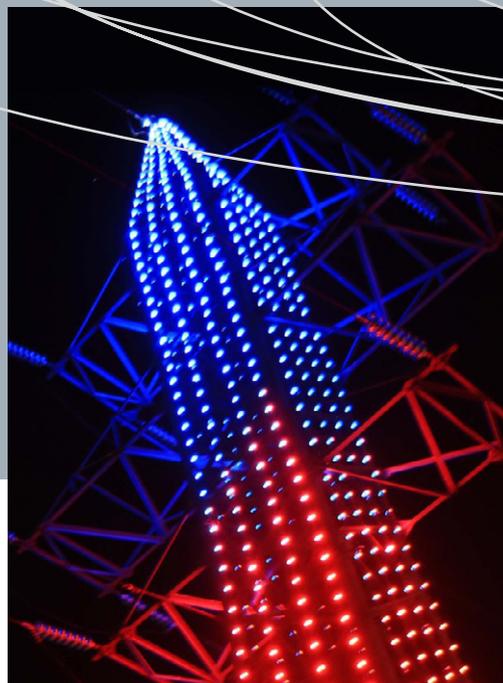
По материалам www.energyland.info



Опоры нового поколения

На двухцепной 220 кВ «Костромская ГРЭС — Кострома-2» и 220 кВ «Костромская ГРЭС — Мотордеталь II цепь» произведена замена двух железобетонных опор, выработавших свой ресурс, на современные высоконадежные аналоги российского производства. Новые сборные железобетонные опоры, созданные на основе центрифугированных секционированных стоек, обладают высокими показателями механической прочности и могут выдерживать порывы ветра более 30 м/с. Благодаря конструктивной особенности, использование таких опор значительно упрощает и ускоряет процесс монтажа. Для транспортировки секций к месту их установки не требуется специальная длинномерная техника и разрешение на провоз крупногабаритного груза по автомагистралям.

Общая протяженность линий 220 кВ «Костромская ГРЭС — Кострома-2» и «Костромская ГРЭС — Мотордеталь II цепь» составляет 54 км. Они обеспечивают выдачу мощности Костромской ГРЭС на два главных питающих центра Костромы. В результате проведенных работ обеспечено надежное электроснабжение жителей города, социально значимых объектов и крупных промышленных предприятий.



Светодинамическая опора

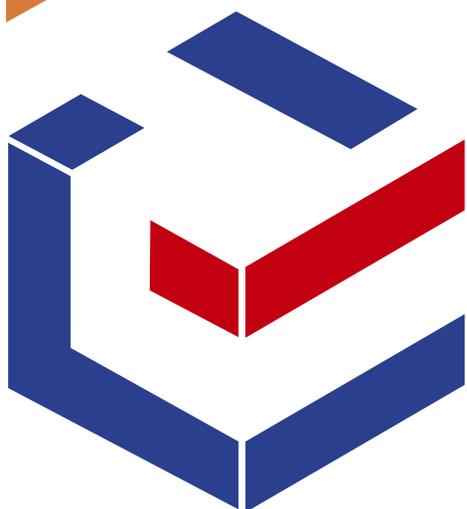
Энергетики «Россети Центр Орелэнерго» подарили жителям города Орла на пересечении улиц Комсомольской и Авиационной необычную опору линии электропередачи 110 кВ. Главная особенность инсталляции — архитектурная светодинамическая подсветка с сотнями сверхъярких светодиодных ламп с низким энергопотреблением, способных менять цвет. Нижний ярус опоры оборудован 8-ю многоцветовыми управляемыми светильниками. Еще 16 вертикальных светодиодных гирлянд с возможностью управления световым потоком и цветовой палитрой свечения расположены по всей площади опоры. Эффект изменения цвета и композиции из точечных пикселей позволяет реализовывать различную графику — надписи, флэш-эффекты, яркий триколор. Цветные переливы превратили энергоустановку в настоящий арт-объект. Перед монтажом подсветки энергетики отремонтировали опору: выполнили замену изоляции, восстановили антикоррозийное покрытие конструктивных элементов при помощи инновационного однокомпонентного цинкирующего состава.

— Как крупная региональная организация мы стараемся не только выполнять свои обязательства перед нашими потребителями в области энергоснабжения, но и внести посильную лепту в улучшение внешнего облика города и его окрестностей, — отметил заместитель генерального директора — директор филиала ПАО «МРСК Центра» — «Орелэнерго» Сергей Алёшин.

17-18
МАРТА
2022

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
КОНГРЕССНО-
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА В СФЕРЕ
БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА
И РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА



КАДРЫ
УПРАВЛЕНИЕ
БЕЗОПАСНОСТЬ

ВЫСТАВОЧНАЯ ПРОГРАММА

- СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
- УСЛУГИ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА, СОУТ
- ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ, СЕРТИФИКАЦИЯ
- МЕДИЦИНСКИЕ ПРОФОСМОТРЫ
- УЧЕБНЫЕ ЦЕНТРЫ
- HR-ТЕХНОЛОГИИ. РАЗВИТИЕ ПЕРСОНАЛА, ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

- ПРЕЗЕНТАЦИИ - ВЫСТУПЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ NON-STOP
- КОНФЕРЕНЦИИ И КРУГЛЫЕ СТОЛЫ ПО ТЕМЕ ОХРАНЫ ТРУДА И РАЗВИТИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА
- ЦЕНТР ДЕЛОВЫХ КОНТАКТОВ - ПЛОЩАДКА ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЕРЕГОВОРОВ ПОСТАВЩИКОВ И ЗАКУПЩИКОВ

KUB-EXPO.EXPOFORUM.RU

+7 (812) 240-40-40

ОРГАНИЗАТОР

EXPOFORUM

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ

eco group
STANDARD

 **АЛАНДР**
Центр промышленной безопасности



«Воздушные линии»

Исследовательский комитет В2

Евгений Ляпунов;

Юлия Жилкина, кандидат экономических наук, ПАО «ФСК ЕЭС» филиал МЭС Центра



Международный совет по большим электрическим системам высокого напряжения (Conseil International des Grands Réseaux Électriques — CIGRE) — крупнейшая международная неправительственная и некоммерческая организация в области электроэнергетики. СИГРЭ создан в 1921 году во Франции со штаб-квартирой в Париже. На сегодняшний день является одной из наиболее авторитетных научно-технических ассоциаций, которая объединяет ученых и специалистов-энергетиков всего мира, и оказывает сильное влияние на формирование стратегии развития отрасли многих стран.

Основная цель СИГРЭ в соответствии с уставом организации — координация исследований, обмен опытом и научно-технической информацией по вопросам функционирования электроэнергетических систем. В центре внимания находятся вопросы разработки, создания и эксплуатации высоковольтного оборудования, задачи планирования и эксплуатации энергосистем, разработки и внедрения новых технологий сбора и обработки информации и систем управления.

Предметной областью Исследовательского комитета В2 являются проектирование, строительство и эксплуатация ВЛ переменного и постоянного тока высокого и сверхвысокого напряжения, а также их компоненты — провода, изоляторы, линейная арматура, мачтовые опоры и фундаменты. Сюда же входят техническое обслуживание, ремонт, увеличение срока службы ВЛ и природоохранные аспекты. Техническое направление работы ИК В2 включает в себя повышение допустимой токовой нагрузки существующих линий, обеспечение их надежности и экологичности, оценку линий, методов, новых инструментальных средств и материалов.

Воздушные линии играют важную роль в развитии энергосистемы будущего и решении сопутствующих задач. В состав исследовательского комитета В2 входят регулярные члены из 24

стран, пять регулярных дополнительных членов, наблюдатели из 16 стран и семь консультативных координационных групп.

Для сессии СИГРЭ в 2021 г. ИК В2 отобрал три предпочтительные темы.

1. *Техническое обслуживание по состоянию для повышения надежности:*

- мониторинг и моделирование;
- индекс исправности, остаточный ресурс, механизмы деградации;
- оценка рисков.

2. *Улучшение характеристик воздушных линий:*

- инновационные конструкции и материалы, компактность, преобразование переменного тока в постоянный, повышение напряжения, повышение допустимой токовой нагрузки, оптимизация потерь и др.;
- пропускная способность по току и потери в линии;
- заземление, защита от грозových разрядов.

3. *Условия и факторы, влияющие на процесс проектирования:*

- проектирование с учетом строительства, обслуживания, отработки и восстановления ресурса, выполнения работ на линиях под напряжением, эргономики, навыков монтажа и техобслуживания, робототехники;
- проектирование и реконструкция в меняющихся условиях среды.

ОБЗОР ДОКЛАДОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ПО ТЕМАТИКЕ ИК В2

Предпочтительная тема 1

Техническое обслуживание по состоянию для повышения надежности

В последние годы приобретает все более высокую значимость тема экологии. С одной стороны, экологичность важна для общественного одобрения новых проектов; с другой стороны, экологические цели и цели устойчивого развития все чаще становятся обязательным условием для производителей оборудования и электросетевых компаний.

ПТ1 / ГРУППА 1. МОНИТОРИНГ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

B2-103. *B. E. NYGAARD* (Норвегия). Разработка датчиков для мониторинга ледовых нагрузок на воздушных линиях в режиме реального времени.

B2-106. *S. OHARA* (Япония). Расширенное техническое обслуживание опор воздушных линий электропередачи.

B2-108. *M. LU* (КНР). Экспериментальное исследование и анализ механизма аномальной температуры композитных изоляторов в переменном токе 500 кВ.

B2-115. *N. PINHO DA SILVA* (Португалия). Спутниковый мониторинг воздушных линий.

B2-117. *J. TOTH* (Исландия). Искусственный интеллект как инструмент проверки линий электропередачи.

В докладе B2-103 приведена информация о разработке датчиков для мониторинга нагрузок при образовании льда на воздушных линиях в условиях реального времени. Прототип такого датчика прошел испытания в лаборатории и был установлен на воздушной линии электропередачи (ВЛ).

Процесс технического обслуживания опор воздушных линий электропередачи в целях оптимизации обслуживания «старой» инфраструктуры рассмотрен в докладе B2-106. Предложены два метода оценки распределений скорости коррозии и коррозионных факторов окружающей среды в Японии.

В докладе B2-108 представлены экспериментальное исследование и анализ механизма аномального нагрева композитных изоляторов на воздушных линиях переменного тока 550 кВ, а также проверка с помощью инфракрасного контроля композитного изолятора переменного тока 500 кВ. Изоляторы сканировались в лаборатории с помощью электронного микроскопа и рентгеновского аппарата.

Доклад B2-117 посвящен контролю ВЛ с помощью искусственного интеллекта. Обученная система искусственного интеллекта (ИИ) может выполнять задачи с высокой достоверностью, быстротой, согласованностью результатов и экономически эффективным способом для изоляторов определенного типа.

В докладе B2-115 изложен анализ спутникового мониторинга воздушных линий. Проведена

детальная классификация земельных участков с выявлением возможных критических изменений. Кроме того, проведена оценка текущего состояния ВЛ и состояния древесно-кустарниковой растительности в охранных зонах ВЛ.

ПТ1 / ГРУППА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ

B2-101. *M. FULK, T. D. PARRISH, A. J. PHILLIPS* (США).

Мониторинг новой ЛЭП.

B2-105. *T. KAVANAGH* (Ирландия). Новый подход к определению превышения температуры зажимов опрессовываемого соединителя на воздушных линиях.

B2-109. *Y. H. KIM, G. M. KWON, H. S. AN* (Республика Корея). Разработка компактного детектора для диагностики коррозии на состарившихся воздушных проводах.

B2-116. *A. B. JONASSON* (Исландия). Исследование оценки состояния стальных опор ВЛ в Исландии.

Доклад B2-101 посвящен результатам мониторинга конструкции новой линии электропередачи в течении трех лет. Новая конструкция опор прошла проверку и в будущем будет применяться для большего числа линий.

В докладе B2-105 предложен способ определения превышения допустимой температуры зажимов опрессовываемого соединителя на воздушной линии 110 кВ. Результаты показывают, что испытания на температурном цикле недостаточно надежны для оценки поведения тестируемых соединений в течение длительного времени и, что работа ветровых установок может вызывать преждевременное повышение температуры в компрессионных фитингах.

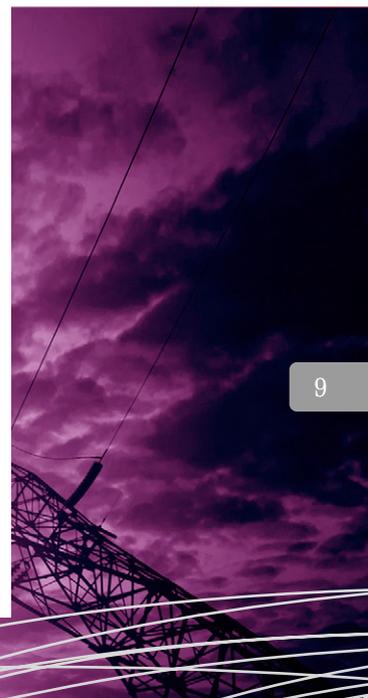
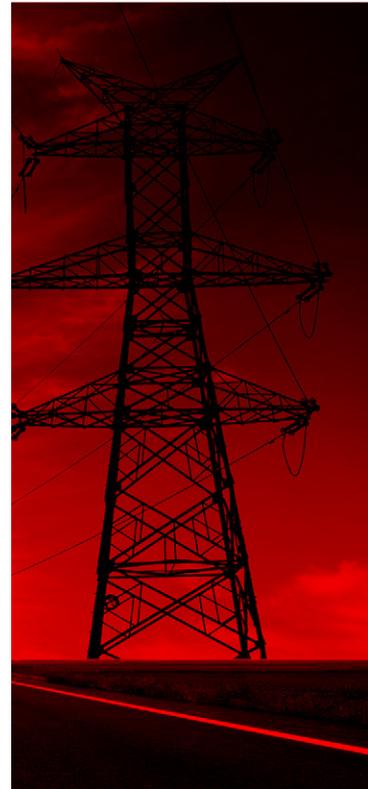
В докладе B2-109 описывается разработка компактного детектора определения коррозии с целью диагностики изношенных проводов ЛЭП и приводятся полученные результаты на ВЛ. Новый метод диагностики позволяет обнаруживать КЗ на проводах ВЛ (внутри и снаружи) с помощью портативного детектора коррозии.

Доклад B2-116 рассказывает об исследовании оценки состояния стальных опор ВЛ. В докладе представлен практический метод оценки для сбора больших массивов данных, относящихся к определению размеров оцинкованных слоев на стальных элементах.

ПТ1 / ГРУППА 3. ИНДЕКС ИСПРАВНОСТИ, ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС, МЕХАНИЗМЫ ДЕГРАДАЦИИ

B2-102. *A. ISTAD LEM* (Норвегия). Подход к обеспечению надежности при проектировании линий электропередачи.

B2-111. *A. KUCHERIAVENKOV* (Россия). Создание географической информационной системы грозовой активности на основе существующего комплекса распределительных сетей 6–110 кВ с использованием устройств идентификации неисправностей воздушных линий.



B2-118. К. SCHILLAI (Республика Корея). Пределы измерения амплитуды колебаний на основе износа конструкции проводника.

B2-119. С. С. KOKALIS, Т. Т. TASAKOS, V. T. KONTARGYRI, G. SIOLAS (Греция). Классификация гидрофобности композитных изоляторов с наложением нейронных сетей.

Доклад B2-102 представляет подход к обеспечению надежности опор при проектировании воздушных линий. Новшество заключается в анализе надежности конструкций путем моделирования методом Монте-Карло.

В докладе B2-111 приведены результаты построения геоинформационной системы грозовой активности на базе имеющегося комплекса распределительных сетей 6–110 кВ с использованием устройств определения поврежденного участка воздушной линии.

В докладе B2-118 обсуждаются нормы измеряемой амплитуды вибрации на основе расчета износа проводников. Результаты показывают, что процедуры проектирования, основанные на современных аналитических моделях, могут не обеспечивать достаточного запаса надежности в зависимости от диаметра троса и проводника, угла провисания и геометрии арматуры.

Доклад B2-119 посвящен результатам классификации гидрофобности композитных изоляторов с преобразованием нейронных сетей. Точность распознавания, достигнутая на лучшей из трех сетей, составила 84,29 %. Преимуществами этого метода являются: простой и быстрый процесс фотографирования, быстрота исследования сетей, удовлетворительная точность распознавания и возможность развертывания этих сетей на встроенных платформах и использования в авиационных работах для проверки композитных изоляторов на местах.

ПТ1 / ГРУППА 4. ОЦЕНКА РИСКОВ, ТЕХНИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ

B2-113. R. SERRANO (Республика Чили). Комплексная нормативная база устойчивости электрических объектов к лесным пожарам.

B2-114. А. COELHO (Португалия). Лидарная (лазерная) инспекция воздушных линий электропередачи с помощью беспилотных летательных аппаратов.

В докладе B2-113 рассматриваются нормативная база и стратегии, касающиеся устойчивости электрических объектов при возможных лесных пожарах. Предлагается системный подход для проведения количественной оценки работы энергосистемы во время и после лесного пожара.

Доклад B2-114 представляет результаты инспектирования воздушных линий лидаром с помощью беспилотных летательных аппаратов. Лидар — это технология измерения расстояний путем излучения света (лазер) и замера времени возвращения этого отраженного света на ресивер. Основная цель — нормативная проверка

соблюдения расстояний в коридорах воздушных линий электропередачи.

Предпочтительная тема 2 Улучшение характеристик воздушных линий

ПТ2 / ГРУППА 1. ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

B2-203. J. F. GOFFINET (Бельгия). Высокопрочный стальной провод на пересечении новой линии 380 кВ в порту Антверпена.

B2-211. P. PORTER (Ирландия). Проверка конструкции проводника в испытаниях при высоких температурах.

B2-220. V. KURYANOV (Россия). Исследование сталеалюминиевых пластически уплотненных проводников для воздушных линий (ВЛ).

В докладе B2-203 описывается конструкция и характеристики специального провода, который относится к категории, известной как высокотемпературные провода с малыми стрелами провеса (HTLS), и проблемы, которые были преодолены при его установке на переходе линии в порту Антверпен в Бельгии.

В докладе B2-211 сообщается о полевых испытаниях, проведенных на проводнике с высокой проводимостью в Ирландии, и рассматриваются критерии, применяемые для отбора испытательных пролетов. Представлены результаты сбора данных и последующего анализа.

В докладе B2-220 рассматриваются разработка и характеристики алюминиевого уплотненного проводника, а также его преимущества и условия применения в России.

ПТ2 / ГРУППА 2. КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

B2-204. А. KVAMME BERSTAD (Норвегия). Проектирование и испытание композитных опор для 420 кВ.

B2-209. R. SCHLOSSER, C. NEUMANN (Германия). Опыт установки инновационной воздушной линии электропередачи 400 кВ.

В докладе B2-204 представлены подходы к проектированию, проверке и утверждению композитных конструкций, используемых на линии 420 кВ в Норвегии.

Доклад B2-209 посвящен опыту германского инновационной компактной ВЛ в части проектирования, монтажа и контроля эксплуатации конструкций компактных воздушных линий, которые воспринимаются общественностью более лояльно.

ПТ2 / ГРУППА 3. ИЗОЛЯТОРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

B2-206. ENG. AHMAD ALTHAGFI (Саудовская Аравия). Изоляторы с пескоструйным покрытием в суровых условиях пустыни.

B2-208. M. MARZINOTTO, J. M. GEORGE, G. PIROVANO (Италия). Опыт работы в полевых условиях и лабораторные результаты по нанесению пескоструйного покрытия на линии электропередачи высокого напряжения.



МФЭС

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»**

22-25 марта 2022 года
Москва, 57 павильон ВДНХ

Организатор

**ЗАО
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
СЕТИ»**

Оператор

Grata_{adv}

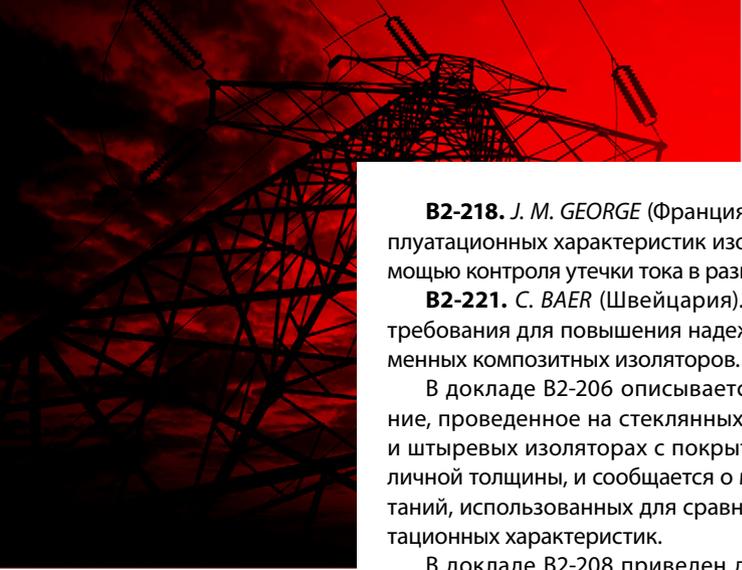


 expoelectroseti.ru

 vk.com/electrosetiforum

 facebook.com/forumelectroseti

 instagram.com/expoelectroseti



B2-218. *J. M. GEORGE* (Франция). Оценка эксплуатационных характеристик изоляторов с помощью контроля утечки тока в разных условиях.

B2-221. *C. BAER* (Швейцария). Технические требования для повышения надежности современных композитных изоляторов.

В докладе B2-206 описывается исследование, проведенное на стеклянных колпачковых и штыревых изоляторах с покрытием RTV различной толщины, и сообщается о методах испытаний, использованных для сравнения эксплуатационных характеристик.

В докладе B2-208 приведен детальный отчет о проведенных испытаниях и полученных результатах на изоляторах с пескоструйным покрытием, изношенных на месте эксплуатации (снятых после 7, 8 и 9 лет работы) и в лабораторных условиях.

В докладе B2-218 сообщается об исследовании, проведенных на двух испытательных станциях во Франции и ЮАР на композитных, стеклянных изоляторах, с подробным анализом наблюдаемых характеристик утечки тока.

Доклад B2-221 сообщает о проведенной оценке контакта стержня с корпусом в композитных изоляторах, о влиянии электромагнитных полей на целостность изоляторов и о результатах воздействия азотной и серной кислот на корпус изолятора. Для юбилейной сессии СИГРЭ 2021 г. была получена отредактированная версия доклада B2-221. В него включены дополнительные результаты испытаний на множественные воздействия (с сочетанием воздействия азотной кислоты, тестов на трекинг и эрозию), проведенных авторами доклада.

ПТ2 / ГРУППА 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

B2-202. *A. ABBUD* (США). Влияние воздушных проводников к переменным номинальной мощности ВЛ.

B2-205. *K. LENARCZYK* (Польша). Оптимизация потерь в воздушных линиях 400 кВ.

B2-216. *G. M. KWON* (Республика Корея). Двойная двухполюсная система с металлическим проводником в Корею.

B2-217. *T. K. SHACHIDEVI* (Индия). Опыт восстановления «нулевого» отключения в Индии.

B2-219. *V. NEMETH* (Венгрия). Разработка и реализация комплексной системы управления линиями электропередачи.

B2-222. *P. BLEULER* (Швейцария). Сравнение характеристик воздушных линий переменного и постоянного тока.

B2-223. *NENAD GUBELJAK* (Словения). Комплексный подход к обеспечению целостности ВЛ.

B2-224. *SMRUTI RANJAN MOHAPATRA* (Индия). Применение динамического рейтинга ВЛ в контексте тропических стран, таких как Индия.

В докладе B2-202 рассказывается о том, как незначительные различия некоторых переменных могут существенно влиять на точность расчета

номиналов линий применительно к высокотемпературным проводникам. Отредактированный доклад B2-202 включает дополнительную информацию о коррелированных значениях поглощения и излучательной способности проводников. Также он проясняет вопрос о температурах проводников, используемых при анализе чувствительности переменных.

В докладе B2-219 рассмотрена система моделирования воздушных линий, которая учитывает климатические условия, параметры проводов и проектные характеристики профиля линии для оптимизации ее работы.

В докладе B2-224 рассматривается применение динамической оценки параметров линий в Индии, а также дается анализ проблем и рекомендаций по применению этого метода в условиях тропического климата.

В докладе B2-205 описывается проведенный авторами анализ конфигураций пучков фазных проводников различной конструкции в целях снижения джоулевых потерь в линии.

Доклад B2-222 посвящен исследованию коронных разрядов на проводниках в условиях испытаний на воздействие таких погодных условий, как дождь, туман и роса, подчеркивается важность изменений погоды для формирования короны.

В докладе B2-216 рассказывается о характеристиках двухполюсной линии 500 кВ постоянного тока в Корею в условиях переходных перенапряжений, а также о влиянии оконечных кабельных устройств по длине трассы ВЛ.

В докладе B2-217 приведен пример проекта повышения мощности, включающего замену проводников в Индии, который представлял особые трудности с точки зрения препятствий в полосе отвода и необходимости организации работы под напряжением.

В докладе B2-223 представлены результаты работы системы измерения и мониторинга конструкций опор воздушных линий электропередачи, которые дают возможность лучше понять принципы механического использования и эксплуатационные характеристики опор.

Предпочтительная тема 3

Условия и факторы, влияющие на процесс проектирования

Реконструкция существующих линий под новые стандарты, проектирование новых линий с учетом изменения окружающих условий, повышение безопасности работ под напряжением — десять докладов, отобранных Исследовательским комитетом В2 по предпочтительной теме № 3, предлагают широкий ряд новаторских материалов по проектированию воздушных ЛЭП. Избранные материалы разделены по трем основным рубрикам: ПТ3/группы 1–3.



ПТЗ / ГРУППА 1. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

B2-302. *A. J. PHILLIPS, R. FERRARO (США).* Разработка портативного защитного разрядника воздушной линии электропередачи в режиме реального времени.

B2-304. *MAJA GRBIC (Сербия).* Воздействие электрического и магнитного поля на работников при проведении ремонтных работ на воздушных линиях электропередачи.

B2-312. *ROBERT MARUŠA (Словения).* Новое решение при строительстве высоковольтных воздушных линий.

Доклад B2-302 демонстрирует целесообразность использования портативных защитных разрядников ВЛ для защиты персонала во время работы на линии под напряжением. Данный инструмент позволяет проводить работы на опорах с уменьшенными зазорами на линиях, на которых работа под напряжением ранее была невозможна.

Доклад B2-304 предлагает детальный анализ рисков, связанных с возможным воздействием на работников электрических и магнитных полей на двухцепной линии 100 кВ. Авторы представляют методику, которая показывает, что работы на пассивной цепи можно проводить безопасным способом, пока вторая цепь остается активной.

Наконец, в докладе B2-312 объясняется, как использование изоляционной фольги на основаниях опор может уменьшить повышение потенциала земли. Показано, что данный подход снижает потенциал напряжения вокруг опоры и к тому же замедляет рост кустарников возле ее основания.

ПТЗ / ГРУППА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ

B2-307. *F. GHELICHI (Нидерланды).* Выбор оборудования для строительства воздушных линий на основе расчета выбросов CO₂.

B2-309. *W. K. LEE (Швейцария).* Разработка вертикальной трубчатой стальной опоры для ВЛ.

B2-311. *A. MARAVI (Республика Корея).* Перуанский опыт проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 500 кВ на большой высоте.

В докладе B2-311 рассказывается об опыте Перу в части проектирования линии 500 кВ на высоте до 4500 м над уровнем моря. Воздушные зазоры рассчитывались по методам IEC и IEEE, хотя поправочные коэффициенты для таких высот не стандартизированы. Вычисления были дополнены моделированием с помощью специальной программы.

В докладе B2-309 описан новый тип трубчатой опоры, разработанный для упрощения ее перевозки в отдаленные районы. Конструкция основана на применении соединений внахлест и вертикально разделенных модулей.

Автор доклада B2-307 предлагает рекомендации по выбору оборудования для воздушных линий на основании расчетов эмиссии CO₂.

ПТЗ / ГРУППА 3. НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИНИЙ

B2-303. *L. M. DICKIE (Нидерланды).* Роботизированная установка на линиях электропередачи.

B2-305. *J. RANIGA (Германия).* Управление шумом на линиях электропередачи.

B2-308. *C. ROZE (Япония).* Беспилотный летательный аппарат и его испытания для использования около ВЛ.

Доклад B2-303 касается разработки робота для быстрой и безопасной установки маркеров. Робот ставится на линию с помощью вертолета. На сегодняшний день с помощью этой технологии установлено уже более 400 маркеров.

Тема доклада B2-308 — поведение дронов при работе вблизи воздушных линий.

В докладе B2-305 приведены результаты исследования акустического шума проводов с учетом старения и различных видов обработки поверхности. Показано, что старение проводников снижает уровень акустических шумов.

В заключение необходимо отметить значение СИГРЭ, как платформы, благодаря которой компании электросетевого комплекса разных стран и отдельные специалисты могут свободно обмениваться своими знаниями и опытом. Национальный исследовательский комитет B2 также вносит большое научно-практическое значение в деятельность ряда международных рабочих групп, созданных при Исследовательском Комитете B2.

По итогам 48-й сессии по комитету B2 «Воздушные линии» можно отметить следующие наиболее обсуждаемые ключевые вопросы:

- новые перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации магистральных и распределительных электрических сетей;
- резонансные колебания трубчатых опор ВЛ;
- методики расчета и измерения фактической надежности арматуры ВЛ.

Особо следует отметить влияние пандемии COVID-19 на любую деятельность, связанную с воздушными линиями. Ограничения заставили всех, кто связан с проектированием, строительством и эксплуатацией ВЛ, мыслить и действовать по-новому. Предприятиям пришлось адаптировать свою повседневную деятельность к объективной реальности, чтобы учесть ограничительные меры, направленные на обеспечение безопасности персонала. Ограничения, связанные с поездками, существенно повлияли на традиционные методы оценки конструкции, посещения объектов, тестирования продукции. Производители и подрядчики вынуждены разрабатывать новые способы проведения удаленных и виртуальных приемочных испытаний.



H₂

Hydrogen H₂

zero emission

Водородная энергетика. Не опоздать бы...

Александр Журавлёв, советник директора Ассоциации СРО «БалтЭнергоЭффект», доктор технических наук, профессор

Россия, по энергетическому потенциалу, является самодостаточной страной, которая может экспортировать часть энергоресурсов за рубеж. Экспорт природного газа по трубопроводам принес в казну \$25,24 млрд, сжиженного природного газа (СПГ) — \$6,745 млрд (снижение почти на 40 % по отношению к 2019 году). Это было обусловлено снижением экономической активности зарубежных стран-потребителей энергоресурсов из-за пандемии коронавируса, надеждой на возобновляемые источники энергии (ВИЭ), политической конъюнктурой.

По объемам добычи газа Россия делит первую строчку с США. Только за 2020 год объем добычи на фоне пандемии составил 692,3 млрд м³, это на 6,2 % меньше, чем в 2019 году. Но уже в 2021-м рост составил 13,2 %, по сравнению с тем же периодом 2020 года, то есть за первые 7 месяцев выкачали 442,08 млрд м³. На рис. 1 представлена гистограмма, отображающая объем добычи природного и попутного газа в России за последние годы.



Рис. 1. Данные по динамике добычи природного и попутного газа в России

* данные по 2021 году представлены за 9 месяцев (1)

Россия поставляет на экспорт около 20 % природного газа (в 2017 году 19,2 %). В последние месяцы газ в Европе резко подорожал. Еще в начале августа 2021 года расчетная цена ближайшего фьючерса по индексу голландского TTF составляла около \$515 за тысячу кубометров, а к концу сентября показатель вырос более чем вдвое. После достижения исторического максимума в \$1937 за тысячу кубометров стоимость голубого топлива на мировом рынке начала снижаться. По мнению экспертов, рост цен на фьючерсы можно объяснить низким уровнем заполненности европейских подземных хранилищ газа, ограничением предложения со стороны основных поставщиков и высоким спросом на СПГ в странах Азии.

Информация по разведанным запасам природного газа, полученная из официальных источников, резко отличается. Так, в сентябре 2019 года экс-глава Минприроды Дмитрий Кобылкин, выступая на Тюменском нефтегазовом форуме, сообщил, что газовых ресурсов России должно хватить примерно на 100 лет. Но в опубликованном в 2019 году отчете Министерства о реальных запасах природных ископаемых значатся всего 14,5 трлн кубометров газа. По этой оценке при сохранении объемов добычи «голубое топливо» будет исчерпано через 20 лет. В то же время, согласно статистике BP (British Petroleum), опубликованной в Ежегодном обзоре мировой энергетики, газовые запасы России составляют 35 трлн кубометров, то есть это как минимум 45 лет стабильного извлечения ресурса. В Счетной палате в 2020 году в отчете «Анализ воспроизводства минерально-сырьевой базы РФ в 2015–2019 годах» указано, что только разведанных запасов на разрабатываемых месторождениях хватит более чем на 50 лет. Глава Минприроды Александр Козлов в мае 2021-го сообщил в интервью РБК, что газа и вовсе может хватить до 2124 года, то есть еще на 103 года (2). Все-таки большинство экспертов склоняются к прогнозу, что газа в России хватит еще на 50 лет и более, чему способствуют усовершенствованные технологии его извлечения из недр, активное использование северных месторождений, улучшенные условия хранения и транспортировки газа.

Европейские страны и российский природный газ

В 2015 году европейские страны приняли консенсусом Парижское соглашение об изменении климата, регулирующее меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года. Целью соглашения является «активизировать осуществление» Рамочной конвенции ООН по изменению климата, в частности, удержать рост глобальной средней температуры «намного ниже» 2 °С и «приложить усилия» для ограничения роста температуры величиной 1,5 °С.

В этом году Еврокомиссия временно исключила атомную энергетику и добычу природного газа из «Зеленой финансовой таксономии». Так называется список устойчивых видов деятельности, инвестиции в которые не вредят климату. Однако Брюсселю потребуется больше времени, чтобы выработать отношение к «переходной таксономии», то есть отраслям экономики, загрязняющим окружающую среду, которые можно терпеть в переходный период. Тем не менее, Евросоюз планирует сокращение выбросов парниковых газов как минимум на 55 % к 2030 году по сравнению с уровнями 1990 года, а к 2050 году — перейти на «нулевые» выбросы парниковых газов.

Из 70 млн т производимого сегодня в мире водорода половину потребляет химическая промышленность. Остальное распределяется между нефтепереработкой (43 %) и производством стали, полупроводников и термополированного стекла (3). Отметим, что страны ЕС, США, Япония и Китай ежегодно тратят на водородную энергетику около \$600 млн в течение последних 15 лет.

Странам ЕС предстоит решить непростую задачу — перейти на безуглеродную энергетику, не учитывая риски, которые могут возникнуть. Примером тому могут быть климатические условия этого года, когда ветровая энергетика европейских стран не работала в полную мощность (при скорости ветра менее 6 м/с ветрогенераторы не работают или работают «вхолостую»). Отсюда возникли и «газовые тиски», когда газа в подземных хранилищах оказалось недостаточно, а биржевые цены на газ подскочили в несколько раз. Об этом на Валдайском форуме высказался Президент России Владимир Путин. Вопрос перехода на водородную энергетику остро стоит не только для стран Евросоюза, но и для России, и этому есть объяснение.

Несколько слов о водороде

Безусловно, водород является самым экологичным и видом горючего, так как в результате его сжигания образуется водяной пар. При сжигании природного газа (метана) кроме пара образуется углекислый газ (CO₂), а при неполном сгорании и угарный газ (CO). Кроме того, водород — энергоэффективное горючее: высшая теплота сжигания водорода составляет 142 МДж на килограмм, а природного газа — от 28 до 46 МДж.

Реакции горения водорода и метана



Как видно из представленной реакции горения, метан не попадает в список безуглеродных источников энергии в отличие от водорода. Естественно, при сжигании метана образуется меньше вредных окислов и вредных продуктов, чем при сжигании угля, дизельного топлива и мазута. Говоря о водороде, как о горючем, следует отметить, что различают несколько его видов в зависимости от способа, которым он получен: зеленый, голубой, серый и бурый водород (рис. 2). Но в целом в мире преобладает пока углеродная составляющая, причем в определенном смысле «грязная»: около 35–40 % электроэнергии вырабатывается на угольных электростанциях (в Китае 80 %, в Индии — 65 %, США — около 40 %).

Иногда в научных обзорах встречается понятие «розового» или «красного» водорода, произведенного при помощи атомной энергии, а «бурый» водород именуют «коричневым», но это частности. Европейские страны однозначно ориентированы на зеленый водород, но, во-первых, электроэнергия от ВИЭ может оказаться в дефиците, а во-вторых, стоимость такого горючего в настоящее время высока. По оценкам Международного энергетического агентства, стоимость производства «зеленого» водорода составляет от 2 до 7 долларов за килограмм, «синего» — около 1,6 долларов за килограмм. Именно высокая себестоимость служит причиной ограничения спроса на экологически чистый водород. С учетом разработки новых технологий планируется довести стоимость зеленого водорода до 1 доллара за килограмм.

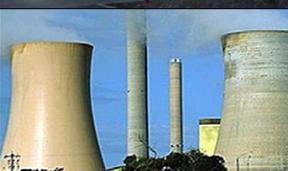
Вид водорода	Технология получения	Описание
Зеленый водород	 Ветрогенератор Солнечный модуль	Водород получают путем электролиза воды за счет электроэнергии от ВИЭ
Голубой водород		Водород получают путем риформинга метана и природного газа (паровая конверсия) с удалением окислов углерода и перевода CO ₂ в углерод
Серый водород		Аналогичный способ, но с выбросом CO ₂ и дымовых газов в атмосферу
Бурый водород		Водород производится на угольных электростанциях путем газификации угля и реакции с паром

Рис. 2. Способы и технологии получения водорода

При выработке голубого водорода (в основном АЭС) отмечается минимальный выброс парниковых газов. У производственных предприятий (заводов, ТЭЦ) выброс дымовых газов и пара может быть существенным, что переводит произведенный водород в группу серого водорода.

Процесс газификации бурого угля может осуществляться разными способами, но утверждать, что в итоге мы получаем экологически чистое горючее, нельзя, так как в процессе производства образуется много сопутствующих продуктов, которые сложно изолировать от атмосферы. В любом случае необходимо производить экономический и экологический расчеты по стоимости водородного горючего с учетом конкретного технологического процесса. Кстати, утечки метана в атмосферу загрязняют ее еще больше, чем выбросы парниковых газов, углекислого газа в частности.

А что в России?

В России природные ресурсы позволяют производить водородное горючее, но производство зеленого водорода в больших объемах проблематично, так как мала доля электроэнергии, производимой от ВИЭ. Кроме того, необходимы соответствующие технологии, техника, транспорт. В связи с этим производство зеленого водорода не только проблематично, но и невозможно (доля ВИЭ в электроэнергетике России около 0,4%). Но производство голубого водорода на АЭС вполне реализуемо: для этого на перспективу возможно потребуются построить 12 энергоблоков АЭС, но и сейчас некоторые АЭС и ГЭС недогружены (рис. 3).

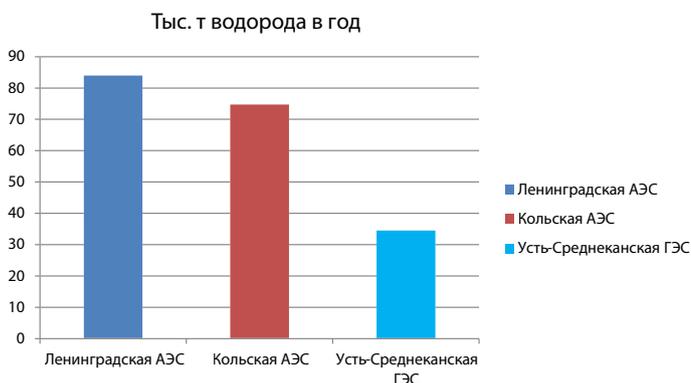


Рис. 3. Потенциал российских АЭС и ГЭС по производству водорода (4)

Год назад вступило в силу распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р, в котором утвержден план мероприятий (дорожная карта) по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту. Среди основных направлений работ указаны: увеличение производства водородного энергоносителя, разработка низкоуглеродных технологий производства, изменение законодательной базы, реализация мер господдержки водородной энергетики, стимулирование спроса на внутреннем рынке, разработка мер безопасности и международное сотрудничество.

Безопасность при производстве, транспортировке и использовании водорода является одним из важнейших факторов (водород легко проникает через неплотности, при соединении с кислородом образуется гремучая смесь, способная вызвать взрыв). Но с другой стороны, водород как легкий газ при возникновении трещин или неплотностей быстро улетучивается.

План мероприятий по развитию водородной энергетики был позднее подкреплен «Концепцией развития водородной энергетики в Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 05.08.2021 г. № 2162-р). В ней предусматриваются периоды развития водородной энер-

гетики: среднесрочный — до 2024 года, долгосрочный — до 2035-го и перспектива — до 2050 года. Направления работы прежние: снижение выбросов CO₂, разработка технологий по получению низкоуглеродного водорода, система стандартизации и сертификации производства водорода.

В Концепции констатируется, что сейчас в мире спрос на водород составляет 116 млн т: 74 млн т — на чистый и 42 млн т — в смеси с другими газами. Однако 95% производимого водорода используется в местах его выработки (нефтепереработка и химическая промышленность). При этом 75% производства водорода основано на использовании метана, 23% приходится на уголь и только 2% на электролиз. В Концепции констатируется, что в настоящее время глобального рынка водорода не существует.

С утверждением Концепции были внесены поправки и в Энергетическую стратегию Российской Федерации на период до 2035 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 09.06.2020 г. № 1523). Правительство в полтора раза увеличило прогноз по экспорту водорода к 2050 году, до 50 млн т. Ранее власти собирались экспортировать до 34 млн т и зарабатывать на этом \$100 млрд в год, сейчас это значение возрастает в 1,5 раза, перекрывая существующую сегодня выручку от экспорта природного газа. Причем спрос на водородный энергоноситель может существенно вырасти с учетом планов ЕС на достижение полной углеродной нейтральности. Однако одной из инициатив Евросоюза является введение трансграничного углеродного налога — пошлины на импортируемые товары с большим углеродным следом. Суммарные издержки импортеров от ввоза в ЕС российских товаров за период 2026–2035 годов из-за углеродного налога составят от €15,5 млрд до €34,1 млрд, подсчитал KPMG (одна из крупнейших аудиторских компаний Большой четверки). Таким образом, можно потерять от 10 до 30% от экспортной выручки за водород.

Учитывая все это, необходимо внедрить современные технологии производства относительно «чистого» водорода, включая паровую конверсию метана, пиролиз углеводородов, газификацию угля и углеродсодержащих материалов, производство водорода на базе атомных станций и технологии улавливания, хранения, транспортировки и использования углекислого газа и электролиз воды с созданием щелочных, твердополимерных и твердооксидных электролизеров (5). Как было выше обосновано, это необходимо не только и не столько для поставок водорода на экспорт, но в первую очередь для внутреннего рынка и внутреннего потребления экологически чистого энергоресурса.

Президент России Владимир Путин в конце 2020 года дал поручение правительству: к 2023 году разработать и выпустить на линии автобусы на водородном топливе, а затем и водородные локомотивы. В Послании Федеральному собранию

21 апреля 2021 года он заявил о необходимости новых комплексных подходов к развитию энергетики, «...включая новые решения в сфере атомной генерации, в таких перспективных направлениях, как водородная энергетика и накопители энергии». Также Президент Владимир Путин поручил правительству изучить целесообразность строи-



Рис. 4. Кольская АЭС (источник: «Росэнергоатом»)



Рис. 5. Автомобиль Аурус-Сенат на водородном двигателе



Рис. 6. Первый российский трамвай на водороде



Рис. 7. Первый российский рельсовый автобус «Орлан» на водороде

тельства трех приливных электростанций для экспорта водорода. Они могут быть построены в Архангельской области, Хабаровском крае и на Камчатке.

15 октября 2021 года председатель Правительства Михаил Мишустин сказал: «Более 9 млрд рублей в ближайшие три года будут направлены в том числе на разработку конкурентоспособных отечественных технологий производства, транспортировки и хранения водорода, создание полигонов по апробации технологий для водородной энергетике, в том числе и в Арктической зоне».

В настоящее время реализуется ряд проектов по использованию водорода не только в нефтепереработке и химической промышленности, но и в других областях:

- в 2003 году создана некоммерческая Национальная ассоциация водородной энергетике (НАВЭ) с целью стимулирования развития и применения водородных технологий;
- «Газпром», «Росатом» и АО «НОВАТЭК» активно занимаются реализацией проектов по получению низкоуглеродного водорода;
- в 2006 году состоялся первый автопробег водородных автомобилей;
- в мае 2020 года в Московской области появилась первая водородная заправка;
- ведутся разработки по использованию водорода на АЭС как накопителя энергии: пилотный проект по созданию инфраструктуры для отработки технологий водородной энергетике и электролизному производству водорода готовится на базе Кольской АЭС (рис. 4);
- в сентябре 2021 года на Восточном экономическом форуме представлен автомобиль Аурус-Сенат на водородном двигателе (рис. 5);
- в ноябре 2019 года прошли испытания в Санкт-Петербурге водородного трамвая (рис. 6);
- в сентябре 2019 года подписано соглашение между «Росатомом», «РЖД» и «Трансмаш-холдинг» о сотрудничестве по проекту организации железнодорожного сообщения с применением поездов на водородных топливных элементах (рис. 7).

Как следует из приведенных данных, Россия не планирует отставать в вопросах производства, транспортировки и хранения водорода, как наиболее экологичного и энергоэффективного горючего, и в последнее время эта актуальная проблема приобретает большое значение.

Резюме

1. Мировое сообщество стремится к использованию новых экологически чистых способов получения энергии, и одним из направлений является водородная энергетика.
2. Россия является энергетической державой и способна производить низкоуглеродный водород различными способами в больших объемах (кроме зеленого водорода).
3. В настоящее время в России разработаны дорожная карта и Концепция развития водородной энергетике, определяющие направления по реализации проектов.
4. Производство низкоуглеродного водорода позволит использовать экологически чистое горючее как на внутреннем рынке, так и в поставках на экспорт.
5. В ближайшей перспективе следует ориентироваться на производство голубого водорода в высокотемпературных газоохлаждаемых реакторах на АЭС, в удаленной перспективе зеленый водород можно получать от электроэнергетике ГЭС и приливных электростанций.

ЭС

Литература

1. Обзор газодобывающей отрасли России / Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения РАН. Новосибирск, 2021.
2. Запасы газа в России составляют 73 триллиона кубометров // Сайт ria.ru 18 сентября (<http://ria.ru/20190918/1558795300.html>)
3. Кизимов В. Перспективы и недостатки водородной энергетике // Сайт journal.tinkoff.ru 24 сентября (<http://journal.tinkoff.ru/news/review-vodorod/>)
4. Перспективы России на глобальном рынке водородного топлива. Экспертно-аналитический доклад. М. 2019.
5. Мамедов О. М. Стратегии развития водородной энергетике. Мировые достижения и планы России // Журнал «Энергосбережение». № 3. 2021.



О роли энергетического сервиса в теплоснабжении

Яков Щёлоков, СРО Ассоциация «Союз «Энергоэффективность»

События последних двух лет (коронавирусная пандемия) практически прекратили энергосервисные процессы в централизованном теплоснабжении. Вызвано это в том числе и тем, что здесь надо бы вносить изменения в существующее законодательство, причем, довольно незначительные. Наступил очередной отопительный сезон 2021–2022. Так что поводов для обсуждения роли энергосервиса в теплоснабжении достаточно.

Базовые период и показатель

Существует [1] методика «в целях установления порядка определения расчетно-измерительным способом объема потребления заказчиком энергетического ресурса в натуральном выражении до и после реализации исполнителем энергосервисного договора (контракта) мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности». Прокомментируем это утверждение в части такого непростого энергетического ресурса, как тепловая энергия. Начнем с цитаты: «Определение на объекте заказчика, объема потребления энергетических ресурсов в базовом и отчетном периодах, в отношении которого прово-

дится мероприятие, осуществляется расчетно-измерительным способом, с учетом особенностей, установленных главой V Методики» [1]. Для тепловой энергии на основе значений параметров — количества тепловой энергии и продолжительности периода работы системы отопления при условии, что значение не менее одного из данных параметров должно быть измерено. В качестве базового показателя принимается *значение*

тепловой нагрузки, указанное в договоре теплоснабжения. Пересчет базового показателя производится по фактической среднесуточной температуре наружного воздуха за базовый период, принимаемой по данным метеорологических наблюдений ближайшей к объекту теплотребления метеостанции территориального органа исполнительной власти, осуществляющего функции оказания государственных услуг в области гидрометеорологии. Измерение и сопоставление значений параметров в базовом и отчетном периодах осуществляются в соответствии с законодательством РФ об обеспечении единства измерений и законодательством РФ об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности. Включая, очевидно, и приказ Минэкономразвития РФ от 24.10.2011 № 591 [2], в части сопоставимости. Но следует учесть, что методика [2] разрабатывалась не для энергосервиса, а для «обеспечения государственными и муниципальными организациями снижения в сопоставимых условиях объема потребленных энергоресурсов в течение пяти лет не менее чем на 3 % ежегодно от объема фактически потребленного в 2009 году».

В отличие от [1], постановление Правительства РФ от 18.08.2010 № 636 [3] регламентирует определение объема потребления энергетического ресурса до реализации исполнителем перечня мероприятий в следующем порядке:

- при наличии данных об объеме потребления энергетического ресурса, определенных при помощи прибора учета используемого энергетического ресурса, — на основании планируемого объема потребления энергетического ресурса, сформированного заказчиком по фактическим данным об объеме потребления энергетического ресурса, определенным при помощи прибора учета используемого энергетического ресурса в предшествующий период, до реализации исполнителем перечня мероприятий;
- при отсутствии данных об объеме потребления энергетического ресурса, определенных при помощи прибора учета используемого энергетического ресурса, — с учетом установки исполнителем прибора учета используемого энергетического ресурса и фиксации сторонами данных об объеме (доле объема) потребления энергетического ресурса заказчиком, полученных при помощи этого прибора за период, который составляет не менее одного календарного месяца до начала реализации перечня мероприятий.

При неисправности приборов учета, истечении срока их поверки, включая вывод из работы для ремонта или поверки на срок до 15 суток, в качестве базового показателя для расчета тепловой энергии, теплоносителя принимается среднесуточное количество тепловой энергии, теплоносителя, определенное по приборам учета за время штатной работы в отчетный период, приведенное к расчетной температуре наружного воздуха.

Определение объема потребления тепловой энергии в базовом периоде расчетным путем производится в соответствии с главой IV «Правил коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя» [4], и основывается на пересчете базового показателя по изменению температуры наружного воздуха за базовый период, определенной по данным измерений (наблюдений).

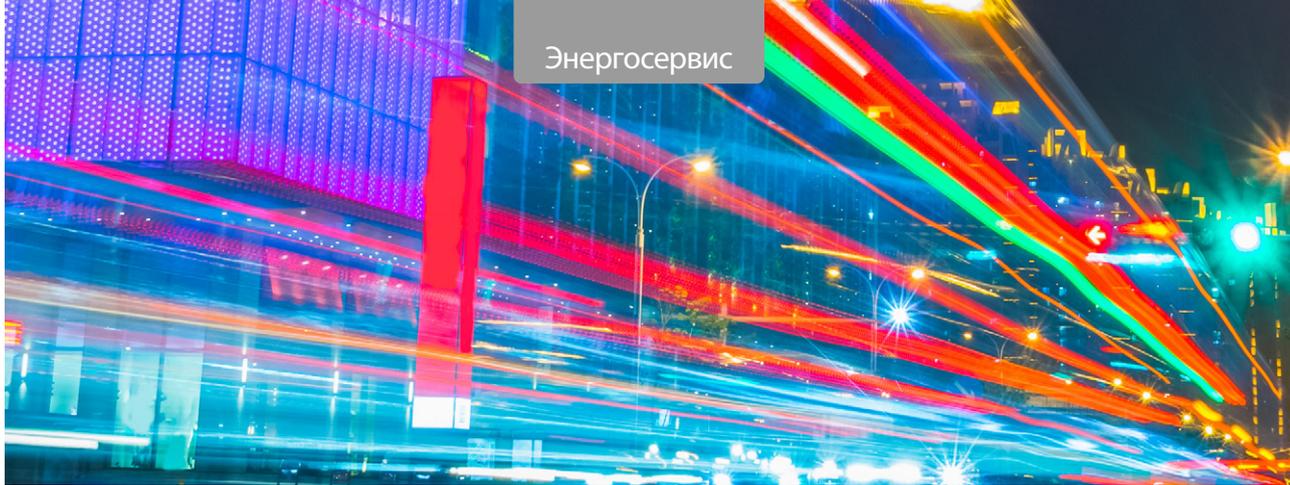
При отсутствии в точках учета приборов учета или работы приборов учета более 15 суток расчетного (отопительного) периода определение количества тепловой энергии, расходуемого на отопление и вентиляцию, осуществляется расчетным путем и основывается на пересчете базового показателя по изменению температуры наружного воздуха за весь расчетный период. В таком случае в качестве базового показателя принимается значение тепловой нагрузки, указанное в договоре теплоснабжения.

В случае, если в период срезки температурного графика в тепловой сети при положительных температурах наружного воздуха отсутствует автоматическое регулирование подачи тепла на отопление, а так же если срезка температурного графика осуществляется в период низких температур наружного воздуха, величина температуры наружного воздуха принимается равной температуре, указанной в начале срезки графика. При автоматическом регулировании подачи тепла принимается фактическое значение температуры, указанной в начале срезки графика.

Отсюда следует, что единой схемы определения расчетно-измерительным способом объема потребления энергоресурса в натуральном выражении, как не было, так и нет, и вряд ли возможно. По крайней мере, пока. То есть, остается одно — она должна быть прописана в каждом энергосервисном контракте, с учетом технических и других особенностей конкретного объекта.

Показатель экономии

Его в контрактах, чаще всего, определяют как сокращение потребления энергетических ресурсов в натуральном выражении при сохранении полезного эффекта от их использования, являющееся следствием реализации энергосберегающих мероприятий Исполнителем. Это определяющий показатель, по которому чаще всего возникают споры и судебные тяжбы. Одна из причин этому, появление этой цифры в контракте без какой либо сопроводительной информации в виде, например, ссылки на данные энергопаспорта объекта, отчета о результатах целевого энергетического обследования. Так, на одном из объектов, при проведении энергетического обследования после заключения контракта, было выявлено, что теплоснабжающей организацией не предоставляется потребителю нормативный температурный график для контроля качества теплоснабжения. Был установлен факт перехода от фактического температурного графика теплосети 130–70 °С к графику 90–70 °С. Снабжение объекта тепловой энергией практически во всем диапазоне температур наружного воздуха ограничено на 25–30 % по сравнению с проектными показателями. Занижен также, по сравнению с проектным, температурный график 90–70 °С. При таких условиях, начиная со средних температур наружного воздуха отопительного периода, устойчивое обеспечение экономии тепловой энергии оказалось невозможным для объекта. На другом аналогичном объекте оказалось, что отсутствует соответствие фактических показателей работы теплосети расчетным. Существенно ниже проектных такие показатели: перепад давления теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах теплосети в 2–3 раза ниже нормы; занижен расход теплоносителя и др. Все это свидетельствует о том, что соблюдение требований Правил [5] технической эксплуатации тепловых энергоустановок должны быть обязательны не только для потребителей тепловой энергии, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, но, в первую очередь, и для энергоснабжающих организаций.



Температурный график

Как только не зарегулировали энергосервисные компании [1-4], но, пожалуй, нет ни одного нормативного, методического документа, о роли теплоснабжающих организаций в энергосервисном процессе. Постараемся показать это на примере роли температурного графика. Согласно ПТЭ [5] температурный график — это инструмент для обеспечения качества работы, как теплосети, так и системы теплоснабжения. Определен и диапазон отклонения температурных параметров для систем теплоснабжения: 3 % по прямой воде (плюс, минус), и не более 5 % по обратной воде. Причем, по 190-ФЗ, статья 15 установлено «местом исполнения обязательств теплоснабжающей организации является точка поставки, которая располагается на границе балансовой принадлежности... тепловой сети потребителя и тепловой сети теплоснабжающей организации...». Но в 261-ФЗ, 190-ФЗ роль теплоснабжающей организации в энергосервисе не определена, что приводит к не меньшему количеству конфликтов, чем у непосредственных сторон энергосервисного контракта. Поэтому, как минимум в этих ФЗ, не хватает цитаты из МДС 41-6.2000, п. 27, «после выхода источника теплоснабжения на расчетный режим теплоснабжающая организация совместно с потребителями должна осуществлять контроль за работой тепловых пунктов. Контроль заключается в определении соответствия фактического расхода сетевой воды требуемому объему. При отличии фактического расхода сетевой воды от требуемого более чем на 10 % должна быть осуществлена корректировка диаметров отверстий сопел элеваторов и дроссельных диафрагм, а также настройка автоматических регуляторов» [6]. Переписывать этот пункт надо еще и потому, что сейчас следует уже говорить не о «корректировке диаметров отверстий сопел элеваторов», а о регулирующих гидроэлеваторах нового поколения [7], не о «дроссельных диафрагмах», а о балансировочных клапанах. Да и «автоматические регуляторы» в ряде случаев перешли с «пропорционального регулирования» на «регулирование позиционное» [7] и др.

Но в бесконечной череде законодательных актов по теплоснабжению [8], пожалуй, быстрее вымываются, чем развиваются, требования основополагающих руководящих документов по системам теплоснабжения [5, 6]. Пример. Выше в [5], издание 2003 года, обращалось внимание на роль температурного графика, что зафиксировано в четких диапазонах отклонения температурных параметров для систем теплоснабжения. Сравните, как это изложено в Правилах организации теплоснабжения в Российской Федерации, в редакции от 2015 года: «показатели качества теплоснабжения в точке поставки, включаемые в договор теплоснабжения, должны

предусматривать температуру и диапазон давления теплоносителя в подающем трубопроводе. Температура теплоносителя определяется по температурному графику регулирования отпуска тепла с источника тепловой энергии, предусмотренному схемой теплоснабжения» [8]. Выше в разделе «Показатель экономии» обращалось внимание на расхождение фактических и проектных показателей качества теплоснабжения не на 3 %, а на 20–30 % и даже в разы!

Заключение

Практически каждый новый нормативный документ в сфере энергосервиса объектов теплоснабжения вводит дополнительные требования, которые противоречат уже существующим. Поэтому схема определения расчетно-измерительным способом объема потребления энергоресурса в натуральном выражении должна быть прописана в энергосервисном контракте, с учетом технических и др. особенностей конкретного объекта.

Прогнозируемый для контракта показатель экономии энергоресурса должен быть определен по результатам целевого энергетического обследования, с их регистрацией в СРО в области энергетического обследования. Это будет способствовать снижению числа конфликтов интересов.

Еще один источник конфликта интересов в сфере энергосервиса — это неопределенность роли теплоснабжающей организации в энергосервисном процессе. Эта тема требует нормативного уточнения, с учетом положений МДС 41-6.2000, п. 27 [6], с переходом на современные системы теплоснабжения [7], особенно, с введением новых законодательных актов [8]. Но более надежный вариант, если это все получится прописать в энергосервисном контракте. **ЭС**

Литература

1. Приказ Минэнерго РФ от 04.02.2016 № 67 «Об утверждении методики определения расчетно-измерительным способом объема потребления энергоресурса в натуральном выражении для реализации мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергоэффективности».
2. Приказ Минэкономразвития РФ от 24.10.2011 № 591 «О порядке определения объемов снижения потребляемых государственным (муниципальным) учреждением ресурсов в сопоставимых условиях».
3. Постановление Правительства РФ от 18.08.2010 № 636 «Об условиях энергосервисного контракта», ред. 01.06.2016.
4. Правила коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя», утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1034.
5. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. СПб.: изд. ДЕАН, 2003. 256 с.
6. МДС 41-6.2000 Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах РФ, утв. приказом Госстроя России от 06.09.2000 № 203.
7. Сорокин В. Г., Щёлоков Я. М. Современные системы теплоснабжения. Опыт Магнитки // Новости теплоснабжения, 2016. № 5. С. 40–43.
8. Правила организации теплоснабжения в Российской Федерации, в редакции постановления Правительства РФ от 31.12.2015 № 1530.

2 - 4 марта 2022 г. **ОМСК**

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ:

Министерства промышленности, связи,
цифрового и научно-технического развития
Омской области,

Министерства региональной безопасности
Омской области,

Администрации города Омска,

ОРО ООО «Союз машиностроителей России»,

Представительства ГК «Ростех» в Омской области,

Союза «Омская Торгово-промышленная палата»,

Омская ассоциация промышленников и предпринимателей
(Региональное отделение Российского союза
промышленников и предпринимателей),

Ассоциации «Омский региональный центр компетенций ТЭК»,

АНО «Омский НОЦ»

XXIII СИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО- ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ПРОМТЕХЭКСПО

В ЭКСПОЗИЦИИ ФОРУМА:

ОМСКГАЗНЕФТЕХИМ
МАШИНОСТРОЕНИЕ
МЕТАЛЛООБРАБОТКА

СВАРКА

ЭНЕРГОСИБ, СИБМАШТЭК
ИНЭКСПО

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИКА,
ИЗМЕРЕНИЯ

IT-ТЕХНОЛОГИИ
СВЯЗЬ

Одновременно проводится выставка
«ИНДУСТРИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СВЯЗИ»

ОМСК-ЭКСПО
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ



ИнтерСиб

тел./факс: +7 (3812) 23-23-30

e-mail: expo@intersib.ru

www.intersib.ru

Показатели и методы анализа надежности ЛЭП в режиме реального времени

Печатается с разрешения журнала «Энергия единой сети» № 2 (57) 2021

<https://www.xn-----glcfcctdci4bhow0as6psb.xn--p1ai/publications/159-2-57-2021-g/1731-pokazateli-i-metodi-analiza-nadezhnosti-lep>

Алексей Назаров, Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистем Смоленской, Брянской и Калужской областей»;

Валерий Кавченков, доктор технических наук, Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» (Смоленск)

Оперативная текущая информация о надежности функционирования элементов энергосистемы при управлении ее режимами позволяет своевременно принимать превентивные меры, направленные на предотвращение последствий их аварийных отключений.

Возрастающий объем информации при управлении режимами работы электроэнергетических систем (ЭЭС) привел к созданию оперативно-информационных комплексов диспетчерских центров (ДЦ), функции и возможности которых постоянно расширяются и совершенствуются. Перспективным направлением развития электроэнергетики также является создание интеллектуальных электрических сетей (ИЭС). Современные технологии, оборудование, средства измерений и управления трансформируют ИЭС из пассивного устройства передачи и распределения электроэнергии в активную комплексную структуру, параметры и характеристики которой изменяются в зависимости от режимов работы ЭЭС, что позволяет обеспечить необходимый уровень ее надежного и экономичного функционирования. Электрические сети оснащаются современными быстродействующими устройствами силовой электроники и системами, предоставляющими достоверную информацию о состоянии и режимах работы сети в реальном времени [4]. Это обуславливает возможность и необходимость поиска новых методов оценки показателей надежности функционирования электрической сети и ее оборудования.

Разработаны и используются методики, учитывающие техническое состояние и риски аварийного отключения электроэнергетического оборудования при планировании их технического обслуживания и ремонта [4]. Методики дают возможность определить индекс технического состояния (ИТС) оборудования и список приоритетности ремонта оборудования с учетом вероятности его аварийного отключения¹.

Приведенные в них положения основаны на концепции постепенных отказов, обусловленных физико-химическими процессами старения и износа энергетического оборудования. Однако на практике в реальных условиях эксплуатации часто возникают внезапные (катастрофические) отказы, обусловленные нерасчетными внешними нагрузками и факторами.

Появление подобных ситуаций особенно актуально для оперативно-диспетчерского управления, выполняемого ДЦ и охватывающего контроль и управление режимом ЭЭС в масштабе реального времени.

В настоящее время ДЦ при управлении электроэнергетическими режимами ЭЭС и планировании ремонтов не используют в полной мере информацию о надежности оборудования [3, 6]. Для оценки надежности воздушных линий используются в основном усредненные справочные данные и критериальные подходы, а одними из основных показателей являются параметры потока отказов, которые определяются в целом по регионам, временам года и т.д. [2, 8, 10]. Поэтому возникает необходимость поиска новых методов оценки и ранжирования надежности объектов энергетических систем с использованием различных факторов. Кроме того, при анализе надежности элементов и оборудования ЭЭС важно учитывать фактор «слабого звена», которым являются ЛЭП [8]. Это позволяет констатировать актуальность разработки новых методов определения показателей надежности ЛЭП и их оценки в режиме реального времени.

¹Приказ Министерства энергетики РФ от 26.07.2017 № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».

Анализ факторов, влияющих на надежность ЛЭП

Оценим факторы, влияющие на надежность функционирования ЛЭП 110 кВ. Разделим их на эксплуатационные (срок службы, техническое состояние и т. д.), конструктивные (длина пролета, конструкция опор, типы проводов и т. д.), климатические (температура воздуха, скорость ветра, атмосферные перенапряжения и т. д.) и внешние (воздействие птиц, посторонних лиц и т. д.). Определим наиболее важные из них. На рис. 1 приведена диаграмма причин аварийных отключений ЛЭП напряжением 110 кВ в Калужской энергосистеме за 2017–2019 гг.

Согласно статистическим данным, основными причинами аварий на ЛЭП 110 кВ за указанный период являлись воздействия неблагоприятных метеословий, в результате которых произошло 49,23 % аварий, в том числе из-за возникновения атмосферных перенапряжений — 31,47 % (наибольшее число) аварий. Загрязнение птицами изоляции и столкновения летящих птиц с проводами спровоцировали 27,83 % аварий. Вследствие несвоевременного выявления и устранения дефектов на ЛЭП произошло 12,51 % аварий, связанных в основном с повреждением изоляторов и обрывом шлейфов. Воздействия посторонних лиц послужили причиной 10,43 % аварий, которые были обусловлены набросами посторонних предметов и несанкционированной деятельностью сторонних организаций в охранной зоне ЛЭП, в том числе проездом крупногабаритной техники.

Очевидно, что для ЭЭС, расположенных в других климатических зонах, доля аварийных отключений для каждой из причин будет отличаться от



Рис. 1. Основные причины аварийных отключений ЛЭП напряжением 110 кВ в Калужской энергосистеме за 2017–2019 гг.

приведенной на рис. 1. Поэтому в предлагаемой методике вес факторов, оказывающих влияния на надежность ЛЭП, должен рассматриваться в пределах определенной ЭЭС и/или операционной зоны (ОЗ) ДЦ. Отметим также, что ветровые нагрузки, не превышающие значений в соответствии с ПУЭ, не должны приводить к повреждению ЛЭП [5]. Но при воздействии факторов окружающей среды возрастает вероятность отключения ЛЭП, связанная как с ее техническим состоянием (обрыв или схлестывание проводов, падение опор и т.д.), так и с повреждениями, вызванными падениями деревьев. Большинство причин аварийных отключений ЛЭП имеют ярко выраженный сезонный характер. Кроме указанных факторов, необходимо учитывать параметры ЛЭП, которые сильно влияют на надежность ее функционирования. Это длина и номинальное напряжение. Чем короче ЛЭП, тем ниже вероятность ее отключения. От номинального напряжения зависят конструктивные особенности выполнения ЛЭП. Чем выше напряжение, тем выше требования к конструкции ЛЭП, определяющие ее надежность.

Таблица 1. Основные факторы и показатели аварийных отключений ЛЭП

Основные факторы аварийных отключений ЛЭП	Показатель i-й ЛЭП	Условное обозначение	Единицы измерения	Способ (время) получения информации	Значение показателя для самой низкой/высокой вероятности аварийного отключения ЛЭП
Несвоевременное выявление и устранение дефектов	Индекс технического состояния	ИТС	о.е.	От сетевой организации. Раз в год и после ремонта или уточнения	1/0
Ветровые нагрузки	Максимальная скорость ветра (на ближайšie 3 ч) по ОЗ (району ОЗ) ДЦ	V	м/с	Из метеоданных ежечасно	0/максимальная скорость ветра для ОЗ ДЦ в соответствии с картой районирования территории
Атмосферные перенапряжения	Вероятность грозы (на ближайšie 3 ч) по ОЗ (району ОЗ) ДЦ	G	%	Из метеоданных ежечасно	0/100
Воздействие птиц	Суммарная длина участков i-й ЛЭП, оборудованная ПЗУ	Y	км	От сетевой организации. Раз в год или после дополнительной установки или демонтажа ПЗУ	Длина i-й ЛЭП/0
Длина ЛЭП	Длина ЛЭП	L	км	Паспорт ЛЭП. Учет проводов для ЛЭП одного класса напряжения	Самая короткая/длинная ЛЭП в ОЗ ДЦ

Ранжирование факторов

Проведем ранжирование влияющих на надежность ЛЭП факторов с учетом их неоднородности с использованием методики сравнительной рейтинговой оценки [11]. Определим вес факторов на основании статистики аварийных отключений в ОЗ ДЦ для всех ЛЭП одного класса напряжения, находящихся примерно в одних и тех же природных и климатических условиях. В табл. 1 представлены основные факторы аварийных отключений ЛЭП и характеризующие их показатели, а также способ получения и время актуализации информации, поступающей в ДЦ от сетевых и метеорологических организаций.

ПРИКАЗ МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 30.06.2003 № 277 «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ»

3. Требования к устойчивости энергосистем.

3.1. По условиям устойчивости энергосистем нормируются минимальные коэффициенты запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в сечениях и по напряжению в узлах нагрузки. Кроме того, устанавливаются группы возмущений (см. п. 2.5), при которых должны обеспечиваться как динамическая устойчивость, так и нормируемые коэффициенты запаса статической устойчивости в послеаварийных режимах. В области допустимых режимов должно быть обеспечено отсутствие самораскачивания. Если самораскачивание проявляется, то должны приниматься меры по устранению его причин, а оперативно должно быть дополнительно разгружено сечение, в котором наблюдаются колебания, до исключения этих колебаний. Допустимые перетоки определяются также допустимыми токовыми нагрузками (перегрузками с учетом их длительности) оборудования в заданном и в нормативных послеаварийных режимах и другими имеющимися ограничениями.

Данные, необходимые для расчетов показателей, могут быть предоставлены в ДЦ сетевыми организациями вместе с паспортами ЛЭП. Процедура передачи дополнительных данных (карта трассы ЛЭП, ИТС, длина ЛЭП, оборудованной птицевозащитными устройствами — ПЗУ) может быть прописана в существующих регламентах. Информация о погоде предоставляется в ДЦ на основании договоров с Гидрометцентром и специальных приложений, используемых для прогнозирования потребления электроэнергии и мощности. Необходимо также настроить географическую привязку трассы ЛЭП к точкам получения метеоданных, что выполняется как в интерактивном виде на основе карт погоды, так и на основе получаемой телеметрической информации с подстанций.

Для определения птицевозащитности ЛЭП необходимо провести пространственный анализ мест гнездования птиц и путей их миграции посредством наложения мест аварийных отключений ЛЭП по причине воздействия птиц на карту трасс ЛЭП. Результатом станет выделение участков ЛЭП, которые наиболее подвержены данному явлению и требуют первоочередной установки ПЗУ. Для проведения расчетов итоговой рейтинговой оценки влияющих факторов переведем показатели табл. 1 в относительные единицы измерения.

Относительная длина i-й ЛЭП:

$$L_{i,о.е.} = \frac{L_i}{L_{\max}}, \quad (1)$$

где L_i — длина i-й ЛЭП, км;

L_{\max} — максимальная длина ЛЭП такого же класса напряжения в ОЗ ДЦ, км.

Воздействие птиц:

$$Y_{i,о.е.} = \begin{cases} \frac{Y_i}{Y_{i,расч}}, & \text{для } Y_i \leq Y_{i,расч}; \\ 1, & \text{для } Y_i > Y_{i,расч}; \end{cases} \quad (2)$$

где Y_i — суммарная длина участков i-й ЛЭП, оборудованных ПЗУ, км;

$Y_{i,расч}$ — суммарная длина участков i-й ЛЭП, проходящих по территории с высокой плотностью мест гнездования и путей миграции птиц, км.

Атмосферные перенапряжения:

$$G_{i,о.е.} = \frac{G_i}{100}, \quad (3)$$

где G_i — вероятность грозы в районе прохождения i-й ЛЭП, %.

Ветровые нагрузки:

$$V_{i,ЛЭП} = \frac{V_i}{V_{i, \max}}, \quad \text{для } V_i \leq V_{i, \max}, \quad (4)$$

где $V_{i, \max}$ — максимальная скорость ветра в месте расположения ОЗ ДЦ в соответствии с картой районирования территории, м/с [8];

V_i — скорость ветра в районе прохождения i-й ЛЭП, м/с.

Таким образом, относительные значения показателей (1)–(4), как и «несвоевременное выявление и устранение дефектов», оцениваемое показателем ИТС, изменяются в пределах от 0 до 1, от минимального до максимального влияния каждого фактора на вероятность отключения ЛЭП.

Для определения итогового показателя рейтинговой оценки сравним ЛЭП по каждому показателю с «базовой» ЛЭП, по которой имеется достоверная информация с наибольшим числом аварийных отключений в ряду всех ЛЭП ОЗ ДЦ. Базой отсчета для рейтинговой оценки относительной вероятности отключения ЛЭП являются не субъективные предположения экспертов, а полученные в условиях режима реального времени наиболее достоверные результаты из всей совокупности сравниваемых объектов с учетом статистики за предыдущий период эксплуатации.

Влияние различных факторов на отключения ЛЭП определим с использованием весовых коэффициентов (табл. 2), которые (кроме ИТС) определим по статистическим данным отключений ЛЭП данного класса напряжения в ОЗ ДЦ по кварталам года.

Удельный вес аварийности ЛЭП за квартал определяется из выражения:

$$F_j = \frac{N_j}{\max N_j}, \quad (5)$$

Удельный вес причины аварийных отключений ЛЭП определяется по формуле:

$$W_{i,j} = \frac{N_{i,j}}{N_j - N_{3,j}}, \quad (6)$$

Анализ причины каждого случая аварийного отключения ЛЭП в настоящее время проводится технологическими службами ДЦ, и занесение информации в форму табл. 2 не потребует дополнительных трудозатрат. Вес прочих причин отключений ЛЭП и воздействий посторонних лиц отдельно не рассматривается, но учитывается в удельной аварийности ЛЭП за квартал.

Оценка индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП

Введем «индекс вероятности аварийного отключения ЛЭП» ($S_{ав}$), который изменяется в пределах [0, 1] и предлагается в качестве количественной меры оценки надежности ЛЭП в ОЗ ДЦ. Величина этого индекса будет прямо пропорциональна длине линии, удельному весу аварийности ЛЭП за квартал года и суммарной рейтинговой оценке рассматриваемой ЛЭП, определяемой основными особенностями ее технического состояния, птицевозащитности и погодными факторами. Его величина для i-й линии определяется по формуле [1, 9]:

$$S_{ав} = \left\{ L_{i,о.е.} \cdot F_j \cdot \sqrt{(W_{1,j} \cdot (1 - ИТС_{i,о.е.})^2 + W_{2,j} \cdot V_{i,о.е.}^2 + W_{3,j} \cdot G_{i,о.е.}^2 + W_{4,j} \cdot (1 - Y_{i,о.е.})^2} \right\}, \quad (7)$$

для $V_i > V_{i, \max}$, для $V_i \leq V_{i, \max}$.

Таблица 2. Причины аварийных отключений ЛЭП и их удельный вес с разделением по кварталам года

Причины аварийных отключений ЛЭП	Число отключений ЛЭП, шт.				Удельный вес причин отключений ЛЭП, о.е.			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Несвоевременное выявление и устранение дефектов	$N_{1,1}$	$N_{1,2}$	$N_{1,3}$	$N_{1,4}$	$W_{1,1}$	$W_{1,2}$	$W_{1,3}$	$W_{1,4}$
Ветровые нагрузки	$N_{2,1}$	$N_{2,2}$	$N_{2,3}$	$N_{2,4}$	$W_{2,1}$	$W_{2,2}$	$W_{2,3}$	$W_{2,4}$
Атмосферные перенапряжения	$N_{3,1}$	$N_{3,2}$	$N_{3,3}$	$N_{3,4}$	$W_{3,1}$	$W_{3,2}$	$W_{3,3}$	$W_{3,4}$
Воздействие птиц	$N_{4,1}$	$N_{4,2}$	$N_{4,3}$	$N_{4,4}$	$W_{4,1}$	$W_{4,2}$	$W_{4,3}$	$W_{4,4}$
Прочие причины, воздействие посторонних лиц	$N_{5,1}$	$N_{5,2}$	$N_{5,3}$	$N_{5,4}$	–	–	–	–
Сумма	N_1	N_2	N_3	N_4	1	1	1	1
Удельный вес аварийности за квартал	F_1	F_2	F_3	F_4	–	–	–	–

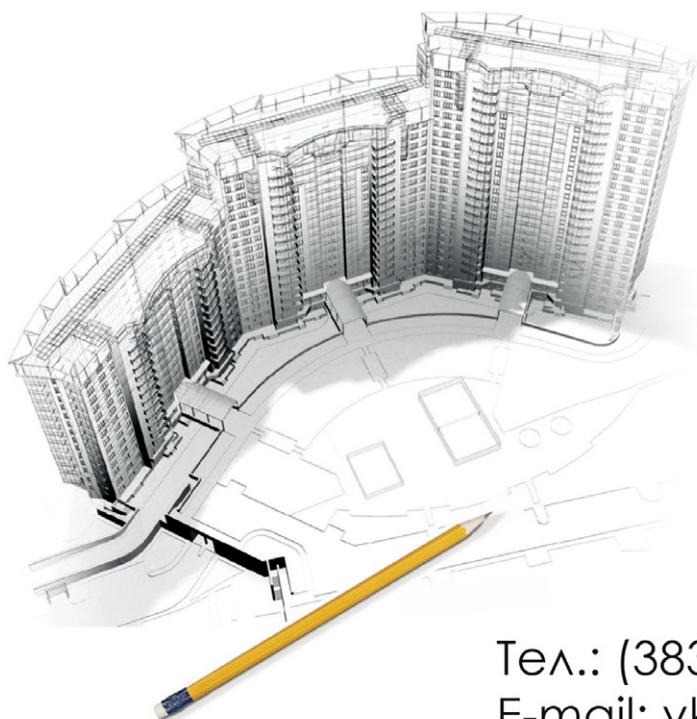
Примечание: $N_{i,j}$ — число отключений ЛЭП в региональной энергосистеме по соответствующей причине; N_j — суммарное число отключений за квартал; $W_{i,j}$ — удельный вес причины аварийных отключений, о.е.; i — номер причины аварийных отключений ЛЭП (1..5); j — номер квартала года.

ХІХ межрегиональная специализированная выставка

1 - 3 марта 2022 г.

"Стройиндустрия СЕВЕРА. Энергетика. ЖКХ"

г. Якутск



Организаторы:



**Союз «Торгово-промышленная
палата Республики Саха (Якутия)»**



**Выставочная компания
Сибэкспосервис**
г. Новосибирск



**Выставочная компания
СахаЭкспоСервис**
г. Якутск

Тел.: (383)3356350

E-mail: vk ses@yandex.ru, www.vkses.ru

Таблица 3. Критерии качественной оценки индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП

Количественная оценка	Качественная характеристика
0,0–0,2	Незначительная
0,2–0,37	Низкая
0,37–0,63	Средняя
0,63–0,8	Повышенная
0,8–1,0	Высокая

В табл. 3 представлена качественная характеристика индекса $S_{ав}$ на основе количественной оценки интервалов обобщенной функции желательности Харрингтона [11]. Пример расчета индекса вероятности аварийного отключения для 10 ЛЭП 110 кВ региональной ОЗ ДЦ для различных метеорологических условий и времени года приведен в табл. 4.

Таблица 4. Индивидуальные показатели надежности ЛЭП и индекс вероятности аварийного отключения ЛЭП

№ ЛЭП	Хорошие метеороусловия (штиль, без гроз)					Штормовое предупреждение (ветер с порывами до 25 м/с, вероятность гроз 100 %)									
	Показатель, о.е.					Индекс $S_{ав}$ в квартале года				Показатель, о.е.		Индекс $S_{ав}$ в квартале года			
	L	ИТС	У	V	G	I	II	III	IV	V	G	I	II	III	IV
1	0,68	0,53	0,11	0	0	0,04	0,24	0,29	0,07	1	1	0,10	0,51	0,62	0,15
2	0,7	0,51	0,52	0	0	0,04	0,19	0,20	0,07	1	1	0,11	0,50	0,60	0,16
3	0,88	0,45	0,34	0	0	0,06	0,29	0,31	0,10	1	1	0,14	0,65	0,78	0,20
4	0,72	0,32	0,23	0	0	0,06	0,29	0,31	0,10	1	1	0,12	0,55	0,66	0,18
5	0,24	0,41	0,34	0	0	0,02	0,08	0,09	0,03	1	1	0,04	0,18	0,21	0,06
6	1	0,3	0,47	0	0	0,08	0,37	0,36	0,15	1	1	0,16	0,76	0,89	0,25
7	0,86	0,44	0,32	0	0	0,06	0,29	0,32	0,10	1	1	0,13	0,64	0,77	0,20
8	0,72	0,48	0,35	0	0	0,05	0,23	0,25	0,08	1	1	0,11	0,53	0,64	0,16
9	0,6	0,44	0,21	0	0	0,04	0,22	0,24	0,07	1	1	0,09	0,45	0,54	0,14
10	0,1	0,39	0,44	0	0	0,01	0,03	0,03	0,01	1	1	0,02	0,07	0,09	0,02

Анализ данных в табл. 4 показывает, что значения индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП зависят как от метеорологических условий и времени года, так и от технического состояния ЛЭП, что позволяет использовать его для оценки относительной надежности ЛЭП по сравнению с базовой ЛЭП с наибольшим числом аварийных отключений. Данная методика позволяет разработать автоматизированный расчетный модуль в оперативно-информационном комплексе ДЦ, который дает возможность диспетчеру ЭЭС получать визуальную информацию об относительной вероятности аварийного отключения ЛЭП непосредственно на схеме энергосистемы.

Визуальное отображение слабых мест ЭЭС в режиме реального времени

Визуальное отображение индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП непосредственно на схеме энергосистемы позволяет в удобном виде отобразить информацию о надежности ее элементов для каждого класса напряжения с целью их взаимной сравнительной оценки. При оперативно-диспетчерском управлении такая информация может быть использована:

- при анализе приоритетов реализации переключения по выводу в ремонт/вводу в работу оборудования;
- при необходимости определения оптимальных мест размыкания транзитов 110–220 кВ по режиму работы прилегающей сети;
- для оценки вероятности нарушения устойчивости энергосистемы при ее работе в вынужденном режиме;
- для оценки необходимости ввода оборудования из ремонта в работу из-за аварийных отключений смежного оборудования или ухудшения погодных условий;
- для определения наиболее «слабых» элементов в сечениях энергосистемы при контроле наличия необходимого объема и длительности реали-

зации мероприятий по приведению перетоков в допустимую область в случае аварийного отключения элемента.

Текущая информация о надежности элементов при управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы позволит принимать превентивные меры, направленные на предотвращение (снижение) последствий от их аварийных отключений. Пример визуального представления индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП энергосистемы показан на рис. 2. По трем транзитам на напряжении 110 кВ активная мощность передается от избыточной части энергосистемы с ПС 110 кВ 1 к дефицитной с ПС 110 кВ 10. Возле каждой ЛЭП отображено качественное представление индекса ($S_{ав}$) в виде информационного цветового табло, которое информирует о вероятности аварийного отключения элементов относительно эталонной ЛЭП, имеющей наибольшую вероятность отключения среди всех ЛЭП ОЗ ДЦ. Линия ЛЭП-4 отключена в связи с работами на ПС 110 кВ 10 (на схеме отображена пунктиром).

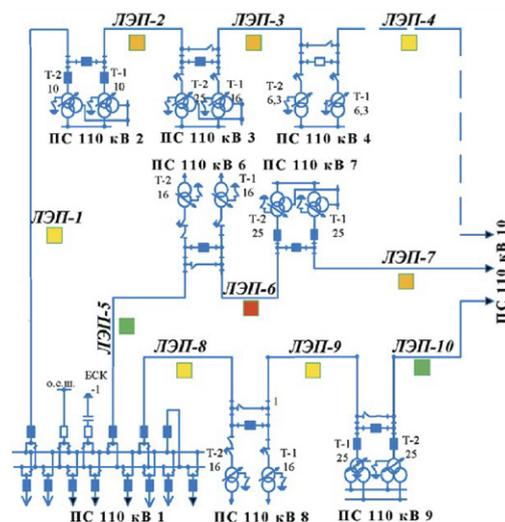


Рис. 2. Пример визуального представления индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП на фрагменте схемы энергосистемы напряжением 110 кВ

В соответствии с рис. 2 и табл. 3 ЛЭП-2, ЛЭП-3 и ЛЭП-7 в условиях ухудшения погодных условий имеют повышенные значения вероятности отключения по сравнению с остальными элементами, для ЛЭП-6 вероятность аварийного отключения высокая. Отсюда следует вывод о необходимости досрочного ввода в работу ЛЭП-4 в целях выполнения критерия ($n = 2$) по транзиту мощности от ПС 110 кВ 1 к ПС 110 кВ 10 и для обеспечения надежного электроснабжения потребителей ПС 110 кВ 3 и ПС 110 кВ 4 в условиях повышенной вероятности аварийного отключения ЛЭП-2 и ЛЭП-3.

ИЗ «УКАЗАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ И РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ С ПАРТУРБИНЫМИ УСТАНОВКАМИ» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

1.2. Показатели надежности элементов энергосистем и показатели работы энергоблоков с партурбинными установками позволяют унифицировать банк исходных данных при расчетах и оценках надежности. При расчетах надежности конкретных энергосистем и электростанций допускается использование более представительных показателей надежности электрооборудования, полученных по данным эксплуатации соответствующих энергосистем.

1.3. В качестве основных показателей надежности приняты:

- параметр потока отказов ω , 1/год;
- среднее время восстановления T_v , ч;
- продолжительность ремонтов (планового, капитального, текущего) T_r , ч;
- частота ремонтов (плановых, капитальных, текущих) μ , 1/год.

Для линий электропередачи используются также показатели надежности:

- среднее число преднамеренных отключений μ , 1/год;
- среднее время простоя при преднамеренных отключениях T_r , ч.

1.4. Показатели надежности приведены для: трансформаторов, выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, сборных шин, воздушных и кабельных линий, асинхронных электродвигателей.

Для полноценного использования информации об относительной вероятности аварийного отключения ЛЭП при оперативно-диспетчерском управлении необходимо дополнить текущие нормативные документы. В табл. 5 представлен предлагаемый вариант порядка действий диспетчерского персонала. В нем указаны рекомендации по выбору критерия оценки режимной надежности района с рассматриваемым элементом с учетом нормативных требований [6].

Таблица 5. Предлагаемый порядок действий диспетчерского персонала при различных значениях индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП

Индекс вероятности аварийного отключения, $S_{ав}$	Рекомендации по контролю аварийной готовности смежного оборудования, выведенного в ремонт	Рекомендации по управлению режимом работы энергосистемы в районе, которому принадлежит данная ЛЭП	Приоритет реализации переключения по выводу в ремонт ЛЭП	Приоритет во вводе в работу смежного оборудования, выведенного в ремонт, при ухудшении метеоусловий
0,0–0,2	Нет	Выполнение критерия (n – 1)	Незначительный	Низкий
0,2–0,37	Нет	Выполнение критерия (n – 1)	Низкий	Низкий
0,37–0,63	Не более 4 ч	Выполнение критерия (n – 1)	Средний	Средний / низкий при выполнении критерия (n – 2)
0,63–0,8	Не более 2 ч	Выполнение критерия (n – 2)	Повышенный	Повышенный / средний при выполнении критерия (n – 2)
0,8–1,0	Не более 1 ч	Выполнение критерия (n – 2)	Высокий	Высокий

Надежность функционирования всей электроэнергетической системы в первую очередь определяется надежностью ЛЭП

Выводы

1. Проанализированы и обобщены в математической модели основные причины аварийных отключений и главные факторы, определяющие надежность ЛЭП 110 кВ. Показаны их ярко выраженный сезонный характер и необходимость учета в методике оценки надежности ЛЭП времени года и ее региональной принадлежности.

2. Разработана и проиллюстрирована примером методика комплексной оценки надежности ЛЭП в режиме реального времени с использованием нового показателя — индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП.

3. Использование методики целесообразно в оперативном-информационном комплексе ДЦ для информационной поддержки диспетчерского персонала и определения последовательности действий при различных значениях индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП, а также в сетевых организациях при оценке вероятности аварийных отключений ЛЭП.

4. Разработаны предложения по визуальному отображению качественной оценки вероятности аварийного отключения ЛЭП на схеме энергосистемы ДЦ на основе автоматизированных расчетов текущего значения индекса вероятности аварийного отключения ЛЭП.

5. Предлагаемая методика и разработанные практические рекомендации по ее использованию в ДЦ помогут обеспечить надежность работы энергосистемы за счет своевременной подготовки превентивных режимных мероприятий, направленных на снижение последствий аварийных отключений.

ЭС

Литература

1. Баканов М. И., Шеремет А. Д. Теория экономического анализа: учебник. М.: Финансы и статистика, 1997.
2. Доронина О. И., Шевченко Н. Ю., Бахтияров К. Н. Оценка надежности воздушных линий электропередачи с учетом климатических факторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9 (ч. 2). С. 226–230.
3. Ковалев Г. Ф., Лебедева Л. М. Области использования и пределы применимости критерия n — i при формировании структуры и выборе параметров элементов ЭЭС. Иркутск: Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, 1999.
4. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью. Редакция 5.0. М., 2012. URL: <https://bit.ly/3bSt5JD>
5. Механошин Б. И., Корякин Д. В., Шкапцов В. А. Определение приоритетов обследования линий электропередачи // Электроэнергия. Передача и распределение. 2011. № 1–4 (4). С. 38–43.
6. Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем» (Приказ Минэнерго России от 03.08.2018 № 630). М.: Минюст России, 2018.
7. Организация технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики ПАО «Россети» (СТО 34.01–24–002–2018). М.: ПАО «Россети», 2018.
8. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. СПб.: Изд-во ДЕАН, 2015.
9. Скопинцев В. А. Качество электроэнергетических систем: надежность, безопасность, экономичность, живучесть. М.: Энергоатомиздат, 2009.
10. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д. Л. Файбисовича. 4-е изд. М.: ЭНАС, 2012.
11. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control. 1965. Vol. 21. N 10. P. 494–498.



Рис. 1. Раскатка провода с барабана

Специфика монтажа ВЛ 6–35 кВ с защищенными проводами

Александр Зигун, начальник технического отдела Группы Компаний «Инсталл»

Защищенный провод для ВЛ 6–35 кВ является достаточно распространенным продуктом на российском рынке. За небольшое время защищенные провода зарекомендовали себя как качественные, надежные электрические проводники.

Масштабы строительства и проектирования ВЛ 6–35 кВ с использованием защищенного провода с каждым годом все увеличиваются. Но очень часто при монтаже допускаются ошибки, которые в дальнейшем могут привести к неприятным последствиям.

Раскатка

Самый важный и первый этап при монтаже — это *раскатка проводов*. Неправильная раскатка может привести к повреждению изоляции по всей длине провода. Раскатка с барабана должна выполняться так, чтобы исключить касание провода земли и стоек опор (рис. 1). Для этого применяется канат-лидер. Он должен быть изготовлен из синтетического троса минимальным диаметром 6 мм (рис. 2), по раскаточным роликам, закрепленным на анкерных опорах, и по втулкам штыревых изоляторов на промежуточных опорах. Если штыревые изоляторы выполнены без втулок, то при раскатке по таким изоляторам необходимо также использовать раскаточные ролики. После укладки троса-лидера в прорезь изолятора втулку необходимо повернуть, чтобы исключить выпадение провода из изолятора при раскатке. На угловых опорах с подвесными или натяжными изоляторами раскатка осуществляется с использованием роликов или роликовых зажимов.

Раскатка защищенных проводов обязательно должна производиться под нагрузкой, чтобы исключить провисание провода в пролете и касание земли. Для этого отдающее устройство должно быть оснащено тормозным механизмом. Особенно внимательно нужно контролировать прохождение места соединения троса-лидера с проводом через втулки изоляторов на опорах. Для исключения повреждения изоляции провода, в процессе раскатки он не должен касаться земли, деревьев, элементов опор или других объектов.

Натяжение

При натягивании и регулировке провода необходимо руководствоваться монтажными таблицами, соблюдая заданные параметры тяжения и получаемых при этом стрел провеса. При этой операции правильно использовать лебедку и натяжной зажим, который крепится к лебедке через динамометр. Процесс натягивания и регулировки чаще всего начинают со среднего провода. Для монтажа защищенных проводов используется специальный натяжной зажим «Лягушка» с удлиненным захватом для обеспечения надежного крепления и исключения возможности проскальзывания зажима по изоляции (рис. 3). Натяжение провода контролируют по стрелам провеса и показаниям динамометра. После достижения необходимых значений стрел провеса и тяжений в зависимости от температуры окружающего воздуха, расстановки опор, сечения провода, далее устанавливают анкерный зажим и крепят его к натяжному изолятору.

Анкерное крепление

Сейчас существуют два вида разных конструкций анкерных зажимов для крепления защищенных проводов.

Первая, более старая, которая изначально использовалась для крепления голых проводов, *предусматривает снятие изоляции* (рис. 4) с провода в месте крепления зажима. Данное требование является необходимостью обеспечения достаточной прочности анкерного крепления и обязательным выводом потенциала провода на поверхность анкерного зажима. Одним из самых распространенных зажимов является НБ-60/5,6-16 (рис. 5).

Вторая конструкция анкерного зажима *не требует снятия изоляции* при монтаже, а вывод потенциала провода на зажим обеспечивается с помощью прокалывающего зажима (рис. 6). Если анкерное крепление осуществляется зажимами с прокалывающим элементом, то снимать изоляцию нет необходимости, но если провод крепится зажимами первого типа, то снятие изоляции — обязательное требование. Неправильный монтаж со временем приведет не просто к ослаблению крепления провода, а к его полному перегоранию.

Изоляцию необходимо снимать очень осторожно, чтобы не повредить металлическую часть провода. Поперечный надрез изоляции необходимо осуществлять с помощью тонкой прочной веревки, а продольный разрешается выполнять монтерским ножом, или с помощью специального инструмента.



Рис. 2. Трос-лидер



Рис. 3. «Лягушка»



Рис. 4. Монтаж НБ



Рис. 5. Зажим НБ 60/5,6-16



Рис. 6. Прокалывающий зажим PA-1500 RPI



Рис. 7. Спиральная вязка



Рис. 8. Монтаж спиральной вязки

Промежуточное крепление

Промежуточное крепление проводов осуществляется либо спиральными вязками (рис. 7), если применяются штыревые изоляторы, либо с помощью поддерживающих зажимов, в случае крепления провода на подвесных или натяжных изоляторах. *Спиральные вязки* устанавливают поверх изоляции провода, при этом закручивать их начинают как можно ближе к шейке изолятора (рис. 8). Спиральные вязки подбирают по сечению провода и по диаметру шейки изолятора. При этом снимать изоляцию с провода не нужно. При применении *поддерживающих зажимов* на подвесных или натяжных изоляторах в месте крепления также необходимо снимать изоляцию или использовать поддерживающие зажимы с прокалывающими элементами для вывода потенциала провода на поверхность зажима.

Соединение

Соединение защищенных проводов выполняется, как правило, двумя способами: прессуемыми или автоматическими зажимами.

Монтаж *прессуемого зажима* не составляет труда, при его установке редко возникают проблемы или ошибки. Применение таких зажимов значительно увеличивает время работы над соединением. При их монтаже следует помнить, что оголенные места проводов должны быть зачищены и покрыты нейтральной смазкой, а опрессовку необходимо начинать от центра к краю зажима. Отличительной чертой прессуемых зажимов от зажимов МЈРТ является цветовая маркировка. Обычно они серого цвета (рис. 9). Такие зажимы нельзя использовать при соединении проводов сталеалюминиевой конструкции. Установка *автоматических зажимов* (рис. 10) сокращает время монтажа, не требует использования пресса. Соединять ими можно проводники как со сталеалюминиевой жилой, так и с жилой, изготовленной из алюминия или алюминиевого сплава. Но при монтаже необходимо соблюдать следующий порядок и правила:

- в месте соединения снимают изолирующее покрытие провода;
- оголенные участки проводов ни в коем случае нельзя смазывать;
- зачищенные концы провода вставляют в зажим до упора, а затем резким движением вытягивают в разные стороны.

Восстанавливающая изоляционный слой термоусаживаемая трубка надевается и усаживается после вытягивания провода в зажиме, иначе после натяжения провода изоляция может просто порваться.

Ответвление

При установке *ответвительных зажимов* изоляционный слой с проводов не удаляют. Электрический контакт достигается прокалыванием изоляции зубцами зажима (рис. 11). Для обеспечения необходимого усилия затяжки болтов зажима, данное условие является обязательным, необходимо использовать динамометрический ключ. В случае слабой затяжки болтов зажим может недостаточно проколоть изоляцию. В результате либо совсем не будет контакта, либо он будет слишком слабый, что в свою очередь приведет к повышению значения переходного сопротивления в месте соединения, а далее — к полной потере ответвления. В случае затяжки зажима сверх нормируемого значения существует вероятность повреждения токоведущей жилы, что может привести к обрыву провода. В настоящее время разработаны и внедрены прокалывающие зажимы со срывной головкой, что облегчает и упрощает монтаж (рис. 12).

Отметим, что монтаж защищенных проводов лишь незначительно отличается от процедуры подвески неизолированных проводов. Требуются некоторые дополнительные действия, направленные на защиту проводов. А выполнение описанных, не слишком сложных, правил монтажа позволит в дальнейшем ощутить все преимущества ВЛ с защищенными проводами.

ЭС



Рис. 9. Зажим МЈРТ



Рис. 10. Автоматический соединительный зажим



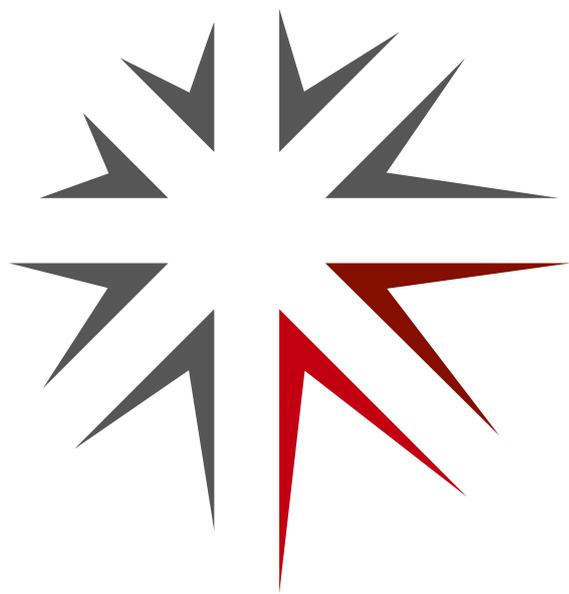
Рис. 11. Ответвительный прокалывающий зажим ОАЗ



Рис. 12. Прокалывающий зажим со срывной головкой

26-28
АПРЕЛЯ 2022

КЛЮЧЕВАЯ
ПЛОЩАДКА
СФЕРЫ ТЭК



РОССИЙСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
РМЭФ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ФОРУМ

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

 **ЭНЕРГЕТИКА И
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**



18+

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

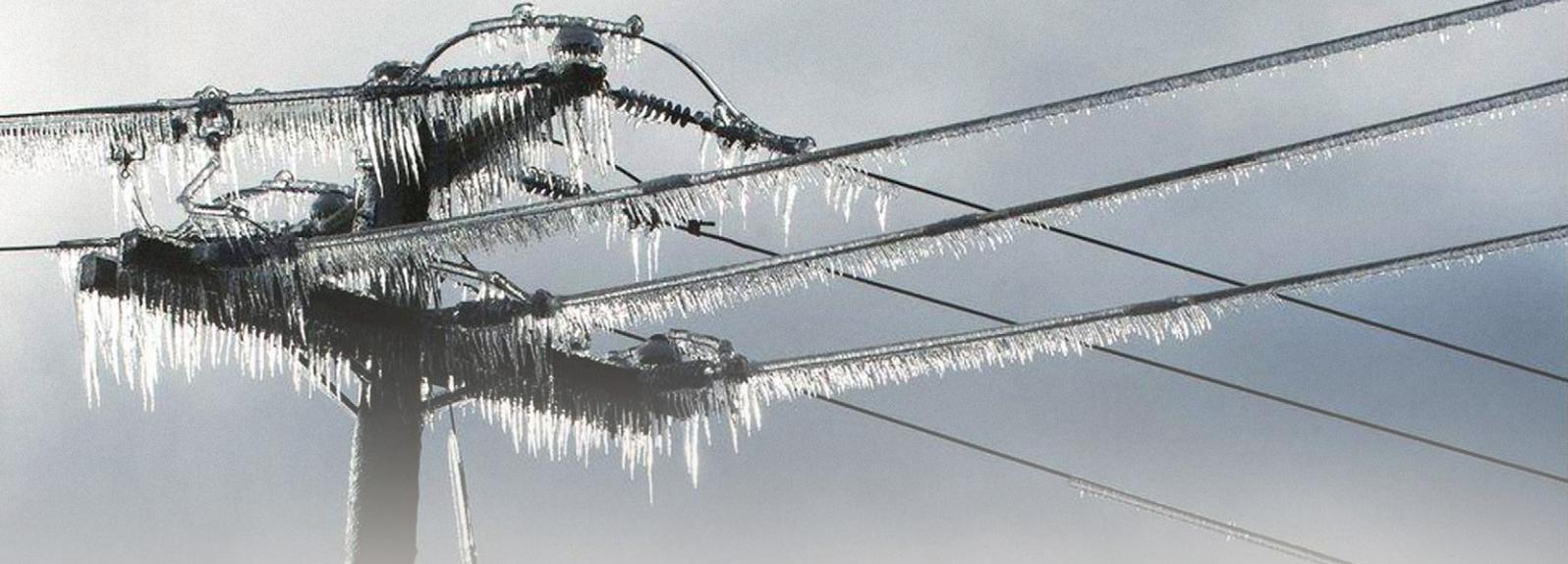
ENERGYFORUM.RU
rief@expoforum.ru
+7 (812) 240 40 40, доб.2626

EXPOFORUM

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

РЕСТЭК®
ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ





Сети Smart Grid.

Оптический кабель в системах контроля гололедообразования

Дмитрий Гиберт, заместитель генерального директора по техническим вопросам Завода Инкаб

Во всем мире идет активное обсуждение концепции так называемых умных сетей электроснабжения (Smart Grid). Модернизированные линии электроснабжения должны использовать современные информационные и коммуникационные сети для сбора информации с линии и автоматически повышать эффективность, надежность и устойчивость производства и распределения электроэнергии. Это в свою очередь повлечет увеличение экономической выгоды от внедрения концепции.

Важным элементом структуры умных сетей является сбор текущей информации с инфраструктуры (мониторинг), ее анализ и своевременная автоматическая реакция, направленная на предупреждение возникновения и развития аварийных ситуаций (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема мониторинга работы «умной сети»

Концепция Smart Grid

Повышение наблюдаемости электрических сетей является наиболее приоритетной задачей для реализации концепции Smart Grid. Решением связанных с этой задачей вопросов занимаются многие компании и научные организации по всему миру. В основном предлагаемые и реализуемые технологии касаются различных объектов генерации электрической энергии, а также узлов ее преобразования и потребления. При этом технологии транспортировки достаточно развиты только в части кабельных линий. Мониторинг протяженных воздушных линий электропередач — задача наиболее сложной реализации. Однако именно ее решение потенциально приводит к значительному экономическому эффекту, ввиду большой протяженности линий и возможности своевременного реагирования на воздействие

природных факторов, например, гололедообразование, которое является наиболее критичной проблемой для многих ВЛ в России и мире.

Гололедообразование на линиях электропередач

Значительная часть регионов России подвержена сильным гололедно-изморозевым отложениям на проводах и грозозащитных тросах. Особенно остро проблема стоит в южных регионах в районе Черного моря и Кавказа, на Урале, в северных регионах Красноярского края и на Дальнем Востоке (рис. 2). С образованием гололеда на линиях электропередач сталкиваются многие страны мира, имеющие горные массивы, такие как Альпы, а также с высокой влажностью и регулярными температурами ниже 0 °С. Толщина гололеда на проводах может достигать 50–70 мм, существенно утяжеляя их. В ряде случаев масса увеличивается в 10–15 раз, что может приводить к обрыву проводов и поломке опор. При сочетании гололедообразования с сильным ветром возможна пляска проводов и недопустимо близкое их сближение. Динамические нагрузки разрушают изоляторы и металлическую сцепную арматуру. Подобные аварии приводят к значительному экономическому ущербу, а устранение последствий занимает значительное время.

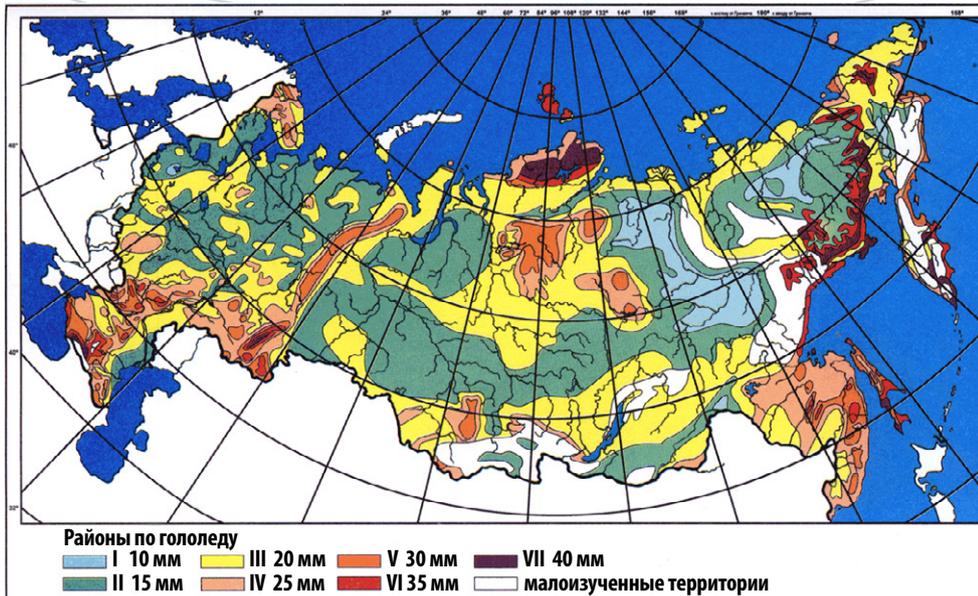


Рис. 2. Районирование территории России по уровню гололеда

Способы борьбы с образованием гололеда на проводах

Наиболее распространенными методами борьбы с гололедообразованием являются способы, направленные на борьбу с последствиями. В частности, одним из самых популярных способов в России является механическое удаление гололеда сбиванием, которое осуществляется с помощью длинных шестов. Он требует большого количества рабочих, и занимает много времени. Возможно электротермическое удаление льда, когда провода нагреваются электрическим током — плавка гололеда на проводах. Ток сети ЛЭП искусственно повышается до такой величины, при которой выделяемой теплоты достаточно для расплавления льда. В России разработан целый ряд специальных блоков и схем, которые позволяют удалить лед с проводов.

Оптическое волокно как распределенный датчик

Оптическое волокно может использоваться не только для передачи данных, но и как протяженный чувствительный элемент, который способен измерять температуру, «слышать» акустические сигналы, а также измерять собственное удлинение буквально в каждой точке по всей длине. Для этого специальные приборы с лазерным источником посылают оптический импульс в волокно и, на основе обратного рассеяния сигнала, они способны детектировать различные события одновременно по всей длине линии. Данные технологии на сегодняшний день достаточно широко известны и применяются в самых разнообразных отраслях: детектирование утечек вдоль трубопроводов; контроль состояния тоннелей, дамб; измерение температуры вдоль подземной кабельной линии; пожарное оповещение и т. д. Применение оптического волокна в качестве распределенного датчика контроля напряженного состояния проводов открывает

большие перспективы для концепции Smart Grid, значительно повышая наблюдаемость и возможности своевременного реагирования на нештатные ситуации, возникающие на линии электропередач.

Схема работы системы предупреждения гололедообразования на линиях электропередач

Система должна непрерывно измерять удлинение провода или грозозащитного троса по всей линии и пересчитывать его в соответствующие нагрузки. При начале гололедообразования нагрузки постепенно увеличиваются, в результате чего система детектирует начало этого процесса, своевременно включая плавку гололеда. Таким образом, образование льда или налипания снега останавливается, не приводя к возникновению аварийной ситуации. Потенциально система, которая работает соответствующим образом, позволяет не допускать возникновения нагрузок, значительно превышающих среднеэксплуатационные. Это увеличивает срок службы проводов, грозозащитных тросов, опор и других элементов инфраструктуры, а также обеспечивает возможность применения их более легких модификаций.

Задача по определению начала гололедообразования на ЛЭП сводится к следующим подзадачам:

1. Использовать оптические волокна в грозозащитных тросах и проводах. На сегодняшний день достаточно широко применяются оптические кабели, встроенные в грозозащитный трос (ОКГТ). В меньшей степени известны оптические кабели, встроенные в фазный провод (ОКФП).
2. Сохранить срок службы волокна внутри провода/троса. Нельзя превышать уровень механического удлинения волокна больше допустимого предела.
3. Обеспечить удлинение волокна вместе с удлинением провода или грозозащитного троса.
4. Использовать комплексы на основе DAS или BOFDA/BOFDR для измерения величины удлинения волокна, а, следовательно, и провода/троса в каждой точке по всей длине линии.
5. Обеспечить реакцию системы на начало увеличения относительного удлинения провода/троса при повышении нагрузок от налипающего снега или гололедообразования путем включения тока плавки.

В данной статье рассмотрим решение первых трех подзадач, касающихся возможности применения оптического волокна для мониторинга в проводах и грозозащитных тросах. Решение последних двух подзадач лежит в сфере программных обработок сигналов и создания соответствующих управляющих событий в системе. Похожие решения достаточно широко применяются в различных отраслях и могут быть внедрены в рамках данной концепции.

Характеристики и конструкция ОКФП

По своим характеристикам ОКФП должен быть ближайшим аналогом соответствующих проводов, применяемых на конкретной линии электропередач. Близкие по значениям электрические и механические характеристики обеспечивают идентичные токи, нагрузки, стрелы провеса и габариты вместе с обычными проводами, подвешенными в соседней цепи (при наличии) и фазах.

В случае большой разницы по электрическому сопротивлению возможна асимметрия системы с возникновением лишнего тока в нейтрали, вплоть до отключения защитной автоматикой. При серьезных отличиях механических характеристик возможно схлестывание проводов, асимметричная нагрузка на опоры, несоблюдение габаритов провода до земли.

В России основным документом определяющим применение ОКФП на ЛЭП является стандарт организации ПАО «Россети» СТО 56947007-33.180.10.176-2014 «Оптический кабель, встроенный в фазный провод, натяжные и поддерживающие зажимы, муфты для организации ВОЛС-ВЛ на линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше. Общие технические условия». Стандартом организации определено, что ОКФП должен соответствовать государственному стандарту 839-80 «Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия», и при этом отклонение электрического сопротивления допускается не более чем на 5 % от фазного провода, аналогом которого он является.

Разработана целая линейка конструкций ОКФП с различными характеристиками, в том числе аналоги популярных проводов марки АС, применяемых на ЛЭП в Российской Федерации с сечением алюминиевой части 120, 150, 185, 240, 300 и более мм². При этом стальная трубка (оптический модуль) может содержать до 48 оптических волокон, а в ряде случаев и до 96 волокон (при необходимости). Оптический модуль может располагаться в качестве центрального элемента, а также в первом повиве вместе со стальными проволоками. Проволоки из алюминиевого сплава располагаются во внешних повивах. Эскизы конструкций приведены на рис. 3 и 4.



Рис. 3. Эскиз кабеля ОКФП с оптическим модулем в центре



Рис. 4. Эскиз кабеля ОКФП с оптическим модулем в первом повиве

Наиболее важными характеристиками для механического расчета линии на основе ОКФП являются модули упругости:

- конечный,
- монтажный (начальный),
- после вытяжки.

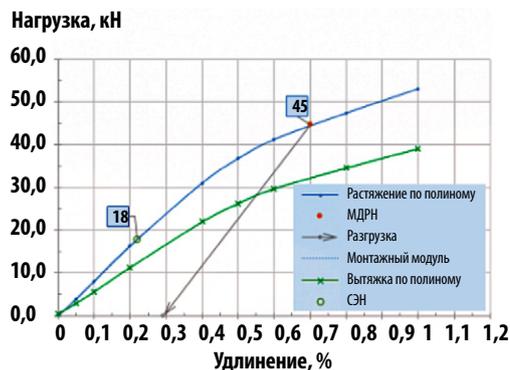


Рис. 5. Графики зависимости удлинения ОКФП от нагрузки при различных условиях

При монтаже и выставлении монтажных стрел провеса ОКФП растягивается по начальному модулю упругости. При достижении максимально допустимой растягивающей нагрузки в гололед с ветром ОКФП не сжимается упруго в первоначальное состояние. После снятия нагрузки всегда будет присутствовать некоторое остаточное удлинение, а зависимость удлинения от нагрузки будет описываться конечным модулем упругости. Кроме того, в процессе эксплуатации происходит необратимая вытяжка провода, которая описывается модулем упругости после вытяжки (рис. 5).

Монтажный модуль упругости и модуль упругости после вытяжки являются нелинейными и описываются полиномами 4-й степени. Учет всех механических характеристик требует применения сложных численных методов и, как правило, решается с помощью специального программного обеспечения, например PLS-CADD. Традиционные ОКГТ или ОКФП рассчитываются таким образом, чтобы волокно при воздействии нагрузок на провода и тросы практически не подвергалось удлинению. Это связано с обеспечением надежности и сохранением срока службы волокна, которые могут уменьшаться при превышении безопасных пределов удлинения.

Достигается это следующими способами:

- В оптическом модуле волокно находится с некоторой рассчитанной избыточной длиной, таким образом, при растяжении кабеля волокно сначала распрямляется и только затем подвергается удлинению. Избыточная длина волокна в модуле закладывается при его изготовлении и может варьироваться в достаточно широких пределах.
- В оптическом модуле, расположенном в повиве, волокно имеет «запас» по удлинению за счет скрутки. Удлинение такого кабеля приводит к тому, что волокна, расположенные в центре модуля, начинают смещаться к внутренней поверхности модуля ближе к центру скрутки (рис. 6).

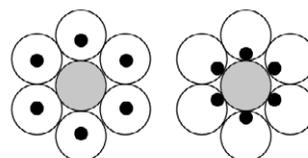


Рис. 6. Изменение положения волокна при удлинении кабеля



XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА **ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

26–28 апреля 2022

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Тематические направления экспозиции:

- Электроэнергетика
- Теплоснабжение
- АСУ ТП
- Системы и средства измерения и контроля
- Программное обеспечение
- Безопасность энергообъектов
- Энергоэффективные и энергосберегающие технологии и оборудование

Одновременно с выставкой «Энергетика и электротехника» в КВЦ «Экспофорум» будут работать Петербургская техническая ярмарка, выставка инноваций «Hi-Tech», выставка «ЖКХ России» и Российский международный энергетический форум.

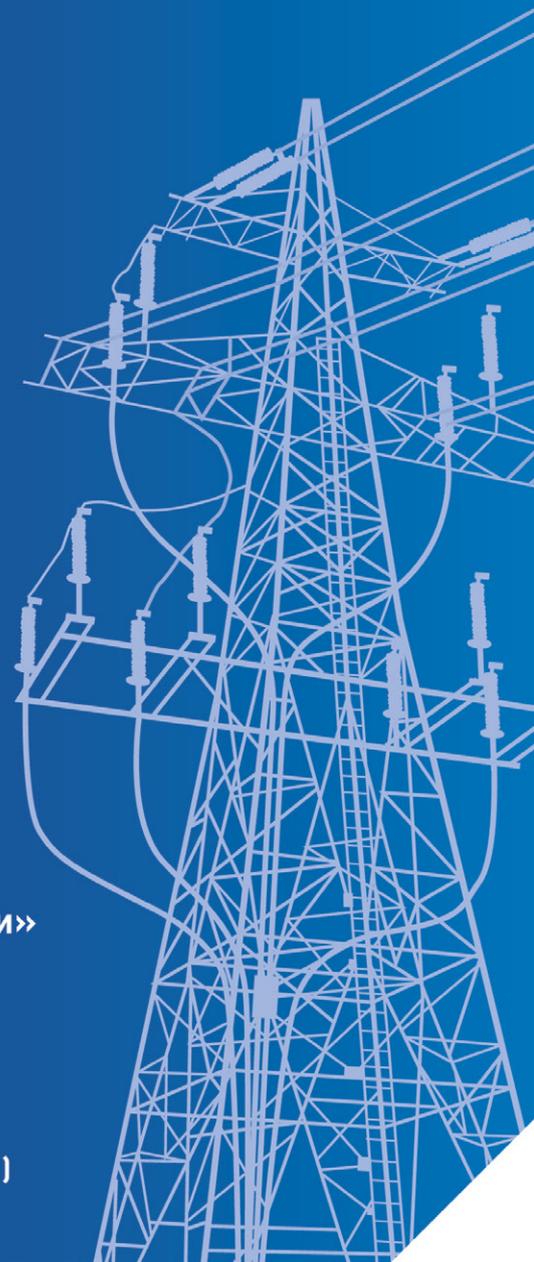
EXPOFORUM

Тел.: +7 (812) 240 4040
energetika@expoforum.ru



Тел.: +7 (812) 320 6363 (доб. 743)
lyapunova@restec.ru

www.energetika-restec.ru



Допустимый запас определяется следующей формулой:

$$\varepsilon_x = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 R^2}{S^2} \left(2 \frac{\Delta R}{R} - \frac{\Delta R^2}{R^2} \right)}$$

где,

R — радиус скрутки,

S — шаг скрутки,

ΔR — зазор между оптическим волокном и внутренней стенкой модуля.

Увеличивая радиус скрутки и зазор (внутреннее пространство модуля), а также уменьшая шаг скрутки, можно получить большее допустимое удлинение кабеля без механического напряжения волокна. При этом шаг скрутки не должен быть меньше определенной величины, определяемой минимальным радиусом кривизны волокна за счет спиральной скрутки модулей.

Надежность и срок службы оптического волокна

Так как в течение эксплуатации ОКФП подвергается постоянным, но различным по величине, механическим нагрузкам и удлинениям, то при оценке срока службы необходимо учитывать надежную работу и срок службы оптического волокна внутри провода. Удлинение волокна больше безопасного предела может сокращать его срок службы вследствие появления и роста микротрещин в стекле. В связи с этим, для возможности использования волокна в качестве распределенного датчика образования гололеда, необходимо решать две противоположные задачи: с одной стороны, волокно должно удлиняться при начале процесса гололедообразования с целью детектирования этого процесса с помощью программно-аппаратных комплексов, с другой стороны, волокно не должно удлиняться больше безопасного предела, обеспечивающего безобрывное состояние волокна в течение всего срока службы.

Формула срока службы волокна

Степенной закон для роста микротрещин возникает в рамках хорошо проверенной эмпирически модели поведения механических дефектов на поверхности хрупких тел при приложении растягивающей нагрузки. После ряда упрощений уравнение можно представить в виде зависимости от параметра роста трещины (коррозионная стойкость) n , механического напряжения в течение срока службы кабеля s , времени воздействия этого напряжения t , механического напряжения при перематке волокна σ_0 — так называемый proof-test при производстве оптического волокна, позволяющий исключить наличие трещин больше определенного размера в прошедшей тест длине волокна.

$$\int_0^t \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^n dt = \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_0} \right)^n t_1 + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_0} \right)^n t_2 + \dots + \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_0} \right)^n t_m$$

Компания Corning в своей статье «Mechanical Reliability. Applied Stress Design Guidelines» (August, 2001) определяет, что нулевая вероятность обрыва волокна в течение не менее 40 лет достигается при постоянном механическом напряжении в течение всего срока службы не более 20 % от натяжения при перематке. С помощью вышеупомянутой формулы можно определить иные допустимые уровни механического напряжения и их длительность в течение срока службы. Соответствующие расчеты показывают, что допускается механическое напряжение в 28 % от уровня proof-test в течение не более 10 суток или 33 % в течение не более 4 часов. При этом параметр роста трещины (коррозионная стойкость) принимается равным 20.

Исходя из формулы, допускаемые механические напряжения в течение срока службы можно увеличить следующими способами:

- увеличить коррозионную стойкость волокна. На уровне производителей волокна обсуждаются предложения о существенном увеличении стандартного значения в производимых волокнах, а компания Corning имеет значительный опыт в производстве таких волокон с повышенным n ;
- увеличить уровень механического напряжения при перематке (proof-test). Стандартно поставляемое волокно для телеком-отрасли имеет уровень proof-test в 1 % в течение 1 секунды. Таким образом, безобрывное состояние волокна достигается при уровне механического напряжения в

0,2 % в течение всего срока службы. Также на рынке доступно волокно с уровнем proof-test в 2 %. Это позволяет достичь безобрывного уровня при механическом напряжении до 0,4 %.

Рабочий диапазон удлинения волокна в привязке к удлинению кабеля

Согласно вышеизложенной постановке задачи, необходимо, чтобы оптическое волокно подвергалось удлинению при возникновении ненормативного состояния ВЛ, а именно в начале процесса гололедообразования. При этом уровень удлинения волокна не должен превышать безопасно допустимый. С другой стороны, при воздействии нормативных нагрузок на провод или трос, в стационарных режимах эксплуатации ВЛ, волокно можно не подвергать воздействию растягивающих нагрузок, так как это не является задачей системы. Следовательно, необходимо определить такой уровень механических нагрузок на провод или трос, при котором необходима реакция системы. А для всех нагрузок ниже этого уровня обеспечить отсутствие удлинения волокна в кабеле за счет избыточной длины волокна в самом модуле или наличия скрутки в повиве.

Пример расчета

Рассмотрим применение ОКФП 100/52 с 16 оптическими волокнами (рис. 7) в проекте с пролетами до 500 м в 3-й зоне по гололеду и ветру. Для монтажа ОКФП с 2 % стрелой провеса, согласно расчетам, потребуется 499,83 м начальной длины, как если бы он лежал на земле в ненагруженном состоянии. После наибольшей нагрузки в условиях гололеда с ветром, длина ОКФП составит 502 м, что составляет 0,43 % относительного удлинения или 502,01 м (0,44 %) в режиме наибольшей нагрузки после реализации ползучести. При этом стрела провеса будет достигать 19,43 м (3,89 %). Относительное удлинение ОКФП после монтажа будет в пределах 0,1–0,26 % в зависимости от температуры. А после реализации вытяжки или режима наибольшей нагрузки, относительное удлинение ОКФП в нормальном состоянии будет находиться в пределах 0,12–0,33 % (табл. 1).

Таблица 1. Относительное удлинение ОКФП в разных режимах

Режим	После монтажа, %	После наибольшей нагрузки, %	После реализации вытяжки, %
Гололед + ветер	0,43	0,43	0,44
Гололед	0,23	0,26	0,26
Ветер	0,39	0,40	0,40
80 °С	0,26	0,33	0,33
60 °С	0,22	0,28	0,28
40 °С	0,19	0,24	0,24
20 °С	0,16	0,20	0,20
0 °С	0,13	0,16	0,16
-20 °С	0,11	0,13	0,13

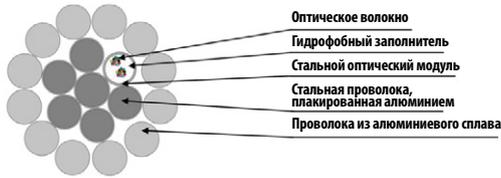


Рис. 7. Эскиз ОКФП 100/52-16 G.652D



Рис. 8. Эскиз экспериментального ОКФП

Классическая конструкция данного ОКФП предполагает наибольшее допустимое удлинение в 0,7 %, которое складывается из избыточной длины волокна в модуле в 0,3 %, «запасе» по скрутке в 0,2 % и безопасном удлинении самого волокна в 0,2 %. Исходя из данного конкретного проекта с максимальным пролетом и возникающими в нем нагрузками, необходимо решить задачу от обратного: при температурах близких к 0 градусов относительное удлинение кабеля составляет приблизительно 0,16 %. Таким образом, волокно должно начать удлиняться при удлинении кабеля выше 0,2 %, которое является точкой отсчета при начале процесса гололедообразования. Этого значения возможно достичь, полностью исключив избыточную длину волокна в модуле. Следовательно, ОКФП 100/52 с нулевой избыточной длиной волокна в модуле становится возможным применять в системах мониторинга. При соответствующих погодных условиях и образовании льда на поверхности, возрастающие нагрузки приведут к удлинению волокна в модуле, что зафиксирует программно-аппаратный комплекс. При этом своевременное включение систем плавки гололеда не допустит образование чрезмерной толщины льда и превышения безопасного предела удлинения волокна в 0,2 %. Однако даже при отсутствии реакции системы, максимальное удлинение ОКФП, как указано выше, составит не более 0,44 %, а соответствующее удлинение волокна не превысит 0,24 %, что является приемлемым уровнем при кратковременном воздействии, не превышающем несколько дней. Для обеспечения дополнительной безопасности, возможно применение волокна с proof-test в 2 %, которое позволяет безопасно удлинять волокно до 0,4 % в процессе эксплуатации.

Данный подход к расчету необходимо применять каждый раз в конкретном проекте под конкретную конструкцию ОКФП. Это позволяет исключить ненормативное удлинение волокна в процессе эксплуатации и одновременно использовать его в качестве распределенного датчика начала гололедообразования.

Практический эксперимент

В мае 2021 года Заводом Инкаб совместно с компанией «Т8-сенсор» были произведены практические испытания с целью определения возможности использования оптического волокна в качестве распределенного датчика для контроля начала удлинения. В данной конструкции ОКФП волокно было зафиксировано без избыточной длины в специальных компактных стальных модулях, расположенных между проволоками первого повива (рис. 8). Расчетное максимальное удлинение такого кабеля не превышает 0,4 %, что позволяет использовать волокно с proof-test 2 %, без возникновения угрозы его обрыва в течение всего срока службы.

ПАК «Дунай», который классически используется для акустического мониторинга (DAS), в данном эксперименте был опробован в режиме контроля изменения длины волокна (DΔTSS). Для контроля сходимости полученных результатов дополнительно использовались бриллиэновский рефлектометр (BOFDR) и бриллиэновский анализатор (BOFDA). На испытательном полигоне на Заводе Инкаб (рис. 9) с пролетом в 100 м были симметрированы гололедные нагрузки путем подвеса соответствующих грузов, равномерно распределенных по пролету. По результатам эксперимента сделаны выводы, что аппаратным комплексом уверенно фиксируются нагрузки на данную конструкцию ОКФП величиной от 100 кг (рис. 10)

Дополнительно отмечено, что ПАК «Дунай» предоставляет значительно большую детализацию изменений в растяжении оптического волокна, чем DSS, выдавая сигнал с периодом в 1 секунду, вместо усреднения по 10 минутам для DSS, что позволяет анализировать быстропротекающие события, такие как нагрузка и снятие нагрузки с троса.

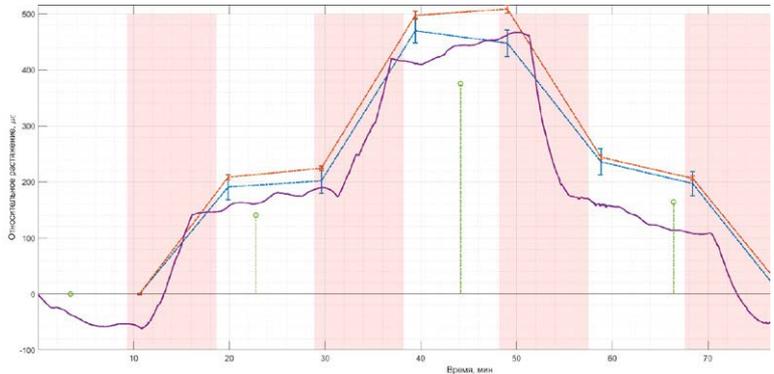


Рис. 10. Фиксация нагрузки на ОКФП с течением времени различными приборами

Заключение

В настоящее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к возможностям использования оптического волокна в качестве распределенных датчиков. При этом протяженные воздушные линии электропередачи являются наиболее привлекательными, но и наиболее сложными проектами с точки зрения реализации. Современные конструкции оптических кабелей, встроенных в фазный провод, показывают возможность их применения на объектах энергетики, с соблюдением безопасных нагрузок на оптическое волокно в течение всего срока эксплуатации и одновременным детектированием начала потенциально опасных процессов, таких как гололедообразование на проводах. Возможность изготовления конструкций под конкретные проекты с заданными характеристиками по удлинению и применение волокна с proof-test 2 % позволяет сохранять высокий уровень надежности линий и при этом существенно увеличивает их наблюдаемость в реальном времени, решая одну из главных задач концепции Smart Grid. ЭС

Рис. 9. Испытательный полигон на Заводе Инкаб

Предупрежден, значит не поражен!

ООО «Завод Энергетик» — это отдельное подразделение в группе компаний «Каскад», занимающееся проектированием, производством и комплектацией объектов энергетики. Наши сотрудники — специалисты, обладающие опытом работы в строительстве объектов большой энергетики и их эксплуатации, занимаются непосредственным проектированием инновационных продуктов для энергетики. За круглым столом обсуждаются все преимущества, которыми должны обладать новые продукты, учитываются, в том числе, и пожелания наших непосредственных Заказчиков. Основными нашими продуктами на сегодняшний день являются птицевозащитные устройства типа: АПЗУ-1-1, АПЗУ-БТ-3, МПЗУ-300, ПЗУ-КЗ-70 и авиационные шары-маркеры типа СШМ.

Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1

Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1 предназначено для защиты гирлянд подвесных изоляторов от загрязнения продуктами жизнедеятельности птиц и самих птиц от поражения электрическим током на ВЛ. АПЗУ-1-1 устанавливается на траверсе ВЛ над местом крепления гирлянд изоляторов и препятствует посадке птицы на траверсу в зоне его защиты.

АПЗУ-1-1 также служит для исключения возможности гнездования птиц на траверсе опоры, что сводит к минимуму загрязнения изоляторов и токонесущих проводов птицами, тем самым предотвращает замыкания ЛЭП и гибель птиц от поражения электрическим током. Антиприсадочное защитное устройство является эксклюзивной продукцией и изготавливается в соответствии с техническими условиями, разработанными специалистами ООО «Завод Энергетик».

Антиприсадочное птицевозащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3

Антиприсадочное птицевозащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3 предназначено для предотвращения загрязнения гирлянд изоляторов продуктами жизнедеятельности птиц, защиты ВЛ от гнездования и посадки птиц на опоры, обеспечения условий нормальной работы и эксплуатации воздушных линий электропередач ВЛ 35–750 кВ, а также для предотвращения гибели птиц от поражения электрическим током. Это устройство делает невозможной посадку и гнездование птиц на траверсах опор ВЛ.

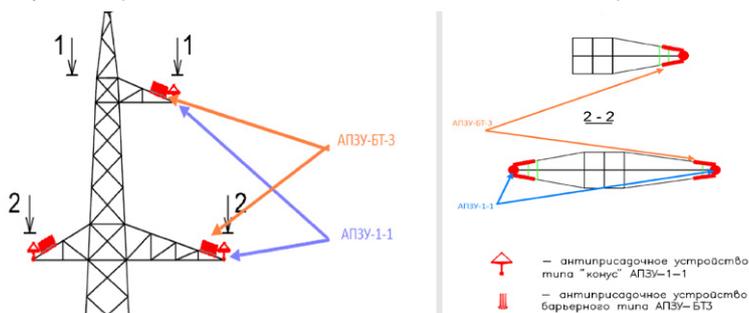
АПЗУ-БТ-3 выдерживает ветровые и гололедные нагрузки, соответствующие требованиям ПУЭ-7. Оно выполнено из диэлектрического ат-

мосферостойкого пластика, стойкого к ультрафиолетовому излучению и имеющего рабочий температурный диапазон от -70 до $+160$ °С. Исполнение УХЛ1.

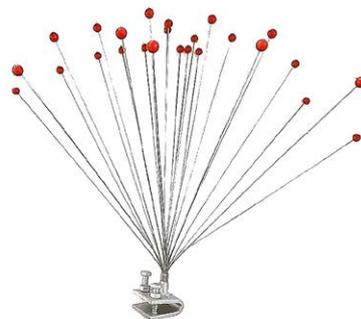
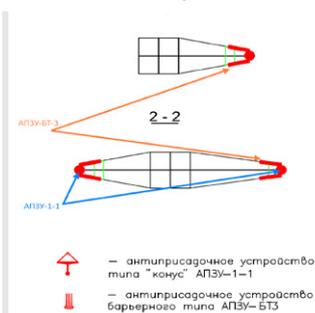
Устройство АПЗУ-БТ-3 состоит из трех конусных стержней и модульного основания с конусными отверстиями для установки стержней. Модульная конструкция основания позволяет соединять их между собой. Закрепление АПЗУ-БТ-3 на траверсах опор выполняется при помощи металлических П-образных струбцин. Устройство поставляется в разобранном виде. Оно легко и просто монтируется, а в процессе эксплуатации не требует дополнительного обслуживания.

Сферы предупреждения МПЗУ

Сферы предупреждения птиц типа МПЗУ являются универсальным птицевозащитным устройством маркерного типа и предназначены для предупреждения пилотов воздушных судов о наличии ЛЭП, и в то же время являются птицевозащитными устройствами маркерного типа, которые устанавливаются на ВЛ для визуального отпугивания птиц и предотвращения их столкновения с проводами.



Схематическое расположение АПЗУ



ПЗУ веерного типа. Модификации, в зависимости от требований заказчика

Изделие имеет малую массу, обладает достаточной прочностью, устойчиво к влаге, ультрафиолету, озону, имеет продолжительный срок службы. Как правило, применяется для воздушных линий электропередачи, в том числе для пролетов большой высоты, линий связи, переходов через водные преграды, долины, дороги, железнодорожные пути, трубопроводы и т.д.

Сфера предупреждения птиц МПЗУ изготовлена из ударопрочного пластика стойкого к ультрафиолету, выцветанию и температурным перепадам от -70 до $+220$ °С. МПЗУ выпускаются в белом, красном и оранжевом цвете. Сферы предупреждения располагаются на тросе/проводе воздушной линии и устанавливаются по чередующейся цветовой схеме из белых и красных либо белых и оранжевых шаров, что обеспечивает их наилучшую видимость.

Область применения:

- вантовые тросы, поддерживающие мачты с оттяжками;
- магистральные ВЛ;
- распределительные сети.

Сигнальные шары-маркеры СШМ

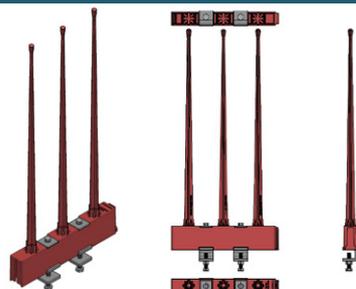
Сигнальные шары-маркеры служат для маркировки высоковольтных проводов с целью визуального предупреждения пилотов гражданской и военной авиации о наличии линий электропередач, в особенности, проходящих через водные препятствия и ущелья. Сигнальные шары-маркеры для ВЛ отчетливо видны на фоне любой местности.

Область применения:

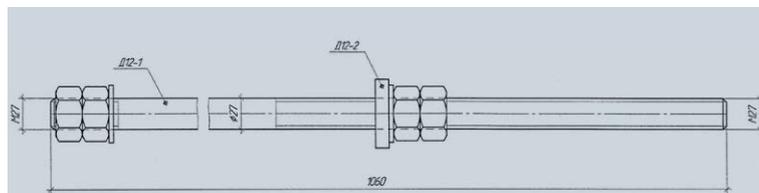
- вантовые тросы, поддерживающие мачты с оттяжками;
- магистральные ВЛ;
- распределительные сети.



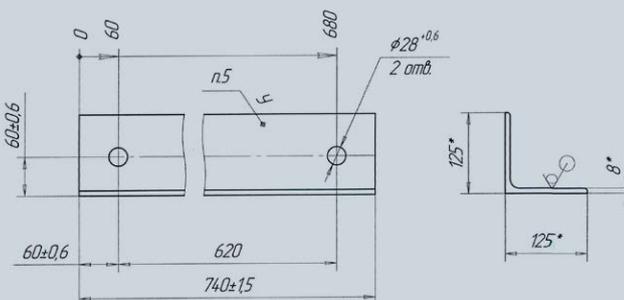
Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1



Антиприсадочное птицевозащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3



СБ Деталь крепления ригеля Д-12



Деталь крепления ригеля Д-13

ООО «Завод Энергетик» ежегодно расширяет линейку изготавливаемой продукции и готов в новом году предложить своим заказчикам детали крепления ригелей Д-12 и Д-13.

Преимущества продукции ООО «Завод Энергетик»

В нашем активе:

- соответствие стандартам ПАО «Россети»;
- скорость производства (не менее 1000 штук любого продукта в сутки);
- за счет конструктивных особенностей продукции в 10 раз быстрее происходит сборка, в 6 раз меньше занимает места при транспортировке;
- возможность монтажа при низких температурах в районах Крайнего Севера и приравненных к ним районах (сохраняем гарантию при монтаже птицевозащитных устройств при температуре до -30 °С);
- 100 % локализации производства в городе Красноярске.

С нашими птицевозащитными устройствами и сигнальными шарами-маркерами и птицы, и самолеты, и линии электропередач будут в безопасности.

ООО «Завод Энергетик»

660012, г. Красноярск
ул. Складская, 29
тел. (391) 206-18-17 (многоканальный)
e-mail: sales@ecobird.ru
www.ecobird.ru



Решения в кабеленесущих конструкциях

Олег Ромахин, директор ООО «Рязанский завод кабельных конструкций»

Решения в кабеленесущих конструкциях сформировались на основе опыта советских инженеров-конструкторов. Металлические кабельные конструкции и сейчас принято называть «гэмом» (ГЭМ расшифровывается как «Главэлектромонтаж»): организация занималась проектированием и производством всех электромонтажных работ в Советском Союзе. И эти наработки прослужат еще очень долго.

В производстве кабельных конструкций все сводится к нескольким основным характеристикам, которых хотят добиться изготовители. Так, важен быстрый монтаж. Кабельная трасса состоит из металлических опорных элементов и лотков (коробов) для прокладки проводов. Специалистам нужно смонтировать сотни тонн стальных конструкций, поэтому производители пытаются найти решения для увеличения скорости монтажа. Проектные институты интересуются «эксклюзивными» предложениями. Но на наш взгляд, простые конструктивные решения могут быть востребованы еще очень долго. Например, безболтовое соединение кабельной полки и кабельной стойки способом «ласточкин хвост». Этот метод мог придумать только русский инженер в условиях Крайнего Севера, где было сложно использовать мелкий крепеж. Эта конструкция до сих пор востребована.

Стыковка металлических лотков телескопическим способом, не требующая дополнительных соединителей. Специальный профиль металлического лотка с замком для быстрой фиксации крышки и усиления несущей способности: глубокая перфорация изделия гарантирует дополнительную защиту при монтаже кабеля в лоток.

Обязателен долгий срок службы. Прокладка кабеля — трудоемкий процесс, эксплуатация некоторых изделий достигает 30 лет, поэтому нужно смонтировать кабельную трассу так, чтобы как можно дольше не проводить капремонт или замену отдельных узлов. Эффективный способ защиты конструкций от воздействия окружающей среды — горячее цинкование (окунание готовых изделий в расплав цинка).

Традиционно электромонтажные изделия нужны были заказчику «еще вчера». Понимая важность сроков, можно наладить производственный процесс так, чтобы металлобаза находилась с основным предприятием

на одной территории и обеспечивала всем необходимым сырьем; линии профилирования обеспечивали круглосуточный выпуск лоточной продукции; собственные участки порошковой покраски, грунтования и горячего цинкования не заставляли бы тратить время в поисках качественного покрытия.

Конкуренция огромна. Каждый производитель пытается снабдить своего заказчика всем необходимым: инженеры формируют альбомы типовых решений, программное обеспечение, осуществляют техподдержку; коммерческие службы обеспечивают оптимальные цены, ищут аналоги, выстраивают логистику. Но бывает и так, что в борьбе за рынок некоторые вводят в заблуждение потребителей — увеличивают толщину опорных конструкций без необходимости, изобретают многослойные покрытия, не учитывая адгезию, применяют дорогие «цинк-ламельные покрытия» с выдуманными защитными свойствами и завышенными сроками службы. Это увеличивает стоимость проекта. Но мы уверены — российские компании способны выпускать конкурентную продукцию, отвечающую всем международным стандартам.

ЭС





САМЫЕ ПОСЕЩАЕМЫЕ ОТРАСЛЕВЫЕ
МЕРОПРИЯТИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА
РОССИИ И СИБИРИ!*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

21-23
СЕНТЯБРЯ
2022

XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
& ПРИБОРОСТРОЕНИЕ



НОВОСИБИРСК

15-17
ФЕВРАЛЯ
2022

НАПОЛНЯЙТЕ КЛИЕНТСКУЮ БАЗУ
- ОСНОВУ ВАШЕЙ ЭКОСИСТЕМЫ!

ОРГАНИЗАТОРЫ ВЫСТАВКИ:



(812) 718-35-37

WWW.RADELEXPO.RU

*Выставку 2021 года посетили
более 7 700 специалистов

Замок вместо талрепа

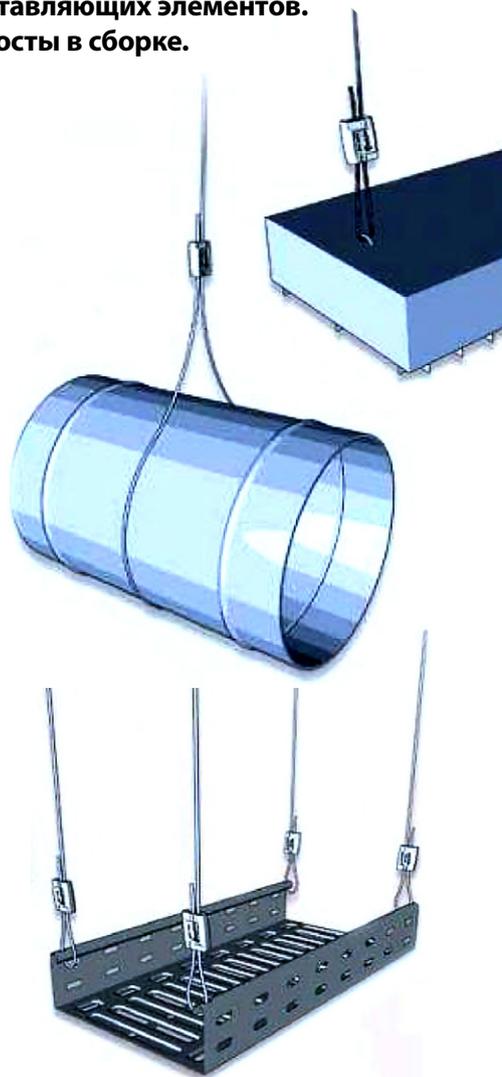
Юлия Егорова

Стандартно в подвесных системах для различных грузов использовались талрепы, в некоторые из конструкций до сих пор входит до 300 составляющих элементов. Современные модели для подвеса более компактны и просты в сборке.

Талреп — устройство для стягивания и выбирания длины такелажа, их различают по диаметру, типу и шагу резьбы, рабочей нагрузке и др. Для крепления одной детали потребуется минимум две винтовые стяжки и четыре зажима, подобранных по размерам и нагрузке, а также время (большая часть которого уйдет на регулировку) для монтажа комплекта изделий. В рамках объекта это занимает много ресурсов.

Альтернатива подвесных систем на российском рынке — тензорный замок Mahtensor MX2-ind. Новинка имеет хорошие перспективы в качестве универсального продукта для многих отраслей, считают представители ООО «ПЛП Рус» (PLP) — компании, представляющей разработку.

Замок разработан для подвеса коммуникаций и грузов, в первую очередь в промышленной среде. Держит нагрузку до 200 кг, легко транспортируется, имеет разъем для ослабления, монтируется без инструментов и ускоряет процесс монтажа на 80 %, заменяя собой талреп, ушко и скобу. Как он устроен: в тензорном замке трос проходит насквозь и фиксируется прижимным роликом и пружиной. Изюминкой конструкции является система прижима, при которой оба троса проходят не по центру зажима, а по краям, пружины же расположены в центре. Это позволяет плотнее фиксировать трос и избежать передачи вибрации с одного троса на другой. В целом, Mahtensor — это линейка продукции, включающая в себя не только замки, но и тросы с наконечниками, инструменты для натяжки, ключи для ослабления.



Сферы применения тензорного замка:

Общестроительные работы	Подвес кабельных лотков, пластиковых труб с кабелем, знаков аварийного выхода, систем подвесных потолков, балок и т.д.
Такелажные работы	Оттяжки тросом, вместо использования талрепа. Стопорение конца троса
Освещение	Подвес светильников, шинопроводов освещения
Кондиционирование	Подвес воздухопроводов, труб отвода конденсата, коробов вентиляции
Отопление и газ	Подвес трубы водоснабжения и газа
Сельское хозяйство	Подвес систем орошения и климата
Рекламные компании	Подвес рекламных конструкций

Расчеты необходимой нагрузки по трем видам: удельный вес, равномерное распределение нагрузки; подвеска груза с направлением троса, отличным от вертикального.

Методика расчета удельной нагрузки:

$$C_{\tau} = \frac{Q_p}{n} \leq C_m, \text{ где}$$

C_{τ} — рабочая нагрузка на каждый трос (кг);

n — количество тросов подвеса;

Q_p — удельный вес груза;

C_m — максимально разрешенная нагрузка на выбранный тип троса.

Примеры использования

Американская компания PLP (Preformed Line Products) — разработчик, производитель высококачественного оборудования, в том числе, систем крепления. Продукция PLP сертифицирована по международному стандарту ISO 9001: 2015 (ABS Quality Evaluations). Основана в 1947 году, имеет инженеринговые центры и производственные площадки на всех континентах, клиенты — в 140 странах мира. Официальный дистрибьютор PLP в России — ООО «Холдинговая Компания «Локус». ЭС

26–28
АПРЕЛЯ 2022



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
ПРАВИТЕЛЬСТВА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА



ЖКХ
РОССИИ

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЖИЛИЩНОГО ФОНДА.
КАПИТАЛЬНЫЙ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

СИСТЕМЫ КОММУНИКАЦИИ,
БЕЗОПАСНОСТИ И КОНТРОЛЯ

ВНУТРИДОМОВЫЕ
ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ. УСЛУГИ ДЛЯ ЖКХ

БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ
И ПРИДОМОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ

СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ
И ОБОРУДОВАНИЕ

КОММУНАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

РЕСТАВРАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ
ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ,
ПОДГОТОВКА И ОЧИСТКА ВОДЫ



ВЫСТАВОЧНАЯ ПРОГРАММА | КОНГРЕССНАЯ ПРОГРАММА | ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЛОВЫХ ВСТРЕЧ

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

тел./факс: +7 (812) 240 40 40 (доб. 2172, 2161)
gkh@expoforum.ru, GKH.EXPOFORUM.RU

6+



Нестандартный взгляд на привычное

Спиральный отпугиватель птиц

Фото: Евгений Ланкин
Постановка и дизайн: Олеся Акулова
Визажист: Юлия Бобина
Модель: Карина Воробьева





С НОВЫМ ГОДОМ!

ЯНВАРЬ

1

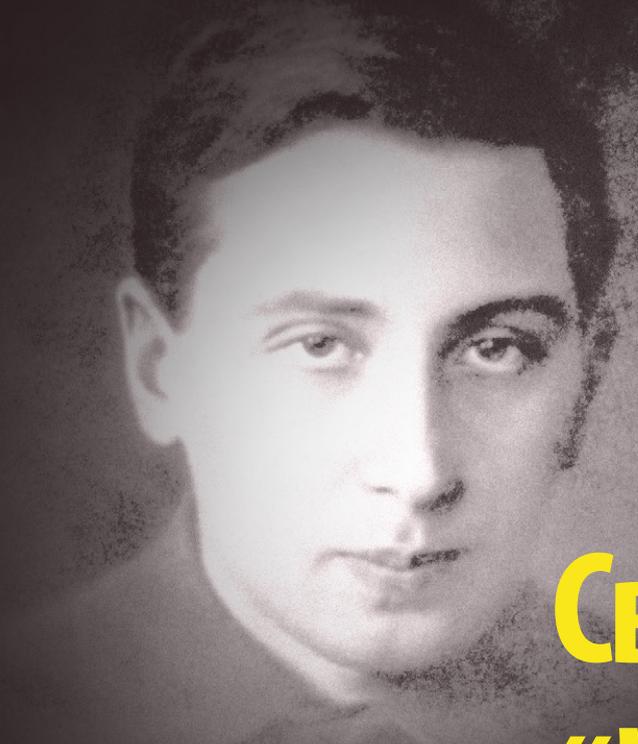












Светодиоды — «русский след»

Олег Лосев

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

Сегодня интерес к светодиодам растет быстрее, чем область их применения в светотехнике. Многие считают, что за светодиодами будущее. Профессионалы дают такое определение. Светодиод это полупроводниковые приборы с электронно-дырочным переходом, создающие оптическое излучение при пропускании через них электрического тока в прямом направлении.

Чем же он хорош? В отличие от лампы накаливания электрический ток в светодиоде преобразуется непосредственно в световое излучение, и теоретически это можно сделать почти без потерь. Светодиод мало нагревается, он механически прочен и исключительно надежен, его срок службы может достигать 100 тыс. часов, что почти в 100 раз больше, чем у лампочки накаливания, и в 5–10 раз больше, чем у люминесцентной лампы. Он излучает в узкой части спектра, его цвет чист. Наконец, светодиод — низковольтный электроприбор. Сегодня светодиоды заметно потеснили традиционные лампочки Эдисона. О судьбе русского изобретателя электрической лампочки мы писали ранее, сегодня мы хотим рассказать про «русский след» в открытии светодиодов.

В детстве нам хочется поскорее вырасти, и мы торопимся обогнать время. Но время может жестоко отомстить тому, кто его обогнал. Имя Олега Лосева известно немногим профессионалам электротехники. Его не перечисляют в ряду великих: Герц, Фарадей, Попов. А все из-за того, что открытия Олега Лосева опередили время на несколько десятков лет. Чтобы их понять, объяснить и начать массово внедрять, потребовалось совершить ряд других открытий. К тому времени тело Лосева уже затерялось среди безымянных жертв блокады Ленинграда. Гениальный физик умер от голода в январе 1942 года.

Профессор без диплома

В отличие от соотечественников, которые практически не знают физика Олега Лосева, его имя довольно долго с пиететом произносили иностранные ученые. Они назвали открытый им эффект холодного свечения «светом Лосева». Только спустя 20 лет после смерти гениального физика появились изобретения, продвинувшие далее его открытие и тогда его имя начало отходить в тень. За работы, продолжавшие исследования Олега Лосева, неоднократно присуждали Нобелевскую премию. А сам он так и не получил диплом о высшем образовании.

Олег Лосев родился в Твери в 1903 году. Хотя в его жизни нет очевидных указаний на личное участие в социальных переменах, происходивших в стране, политика неоднократно вмешивалась и меняла его биографию. Его отец был офицером царской армии (но в советское время он писал, что конторским служащим на вагоностроительном заводе), мать не работала. Мальчик учился в реальном училище, когда у него появилась ясная цель в жизни. Сам он рассказывал об этом так: «Мне было 14 лет, когда во мне проснулся этот голод. Шел 1917 год. К нам в Тверь приехал штаб-капитан Владимир Лещинский и читал лекцию об устройстве беспроволочного телеграфа. Понимаете, он говорил, что собрать радио и принимать сигналы с другого конца мира может любой человек. Тогда я впервые почувствовал этот голод, голод ученого. Первое, что я сделал — стал экономить и за год собрал денег на домашнюю мастерскую».

Владимир Лещинский приехал в Тверь не случайно. Она располагалась между Москвой и Петербургом, и в условиях войны это был очень важный пункт радиосвязи, именно поэтому там работали самые выдающиеся умы. Лосев был очень воодушевлен, он увлекся радиоделом, часами просиживая в своей лаборатории. Но война закончилась и радиолaborаторию из Твери решили перенести в Нижний Новгород.

Олег Лосев окончил школу, поехал в Москву, поступил на учебу в институт, но случайная встреча с Владимиром Лебединским на Первом Всероссийском радиотехническом съезде поменяла все его планы. Лебединский и Михаил Бонч-Бруевич — сотрудники Тверской радиостанции, которых Лосев знал по Твери, отправлялись в Нижний Новгород, чтобы создавать первый советский научно-исследовательский центр в области радиотехники — Нижегородскую радиолaborаторию (НРЛ). Лосев бросил институт и поступил туда на работу.

В своем желании обогнать время Олег Лосев не обращал внимания на серьезные бытовые проблемы. В Нижнем Новгороде у него не было жилья. Жил он на верхней площадке лестницы в лаборатории. Часто забывал поесть, и в результате в 20 лет обзавелся язвой желудка. Ему было жаль тратить время на учебу, так как он знал, что хочет делать и в этой области был блестяще образован. Но именно формальное отсутствие диплома об окончании института поставило Олега Лосева в униженное положение любителя, недофизика.

Кристадин

Первая научная статья Олега Лосева вышла уже в 1921 году в местном журнале «Радиотехник». В 1922 году он публикует статью «Детектор-генератор; детектор-усилитель» в журнале Нижегородской радиолaborатории «Телеграфия и телефония без проводов».

В этом же году им была подана заявка на выдачу патента «Способ генерирования незатухающих колебаний». Открытие, имеющее мировое значение, Олег Лосев совершил в 19 лет. Он первый в мире показал, что полупроводниковый кристалл может усиливать и генерировать высокочастотные радиосигналы. Патент на изобретение выдали только в 1926 году. Но Лосев был чужд авторских амбиций и далек от извлечения выгоды из своего открытия. Он поспешил поделиться им со всем миром. Радиолюбители с интересом читали его статьи, которые появлялись во Франции, Германии, Англии и в США. Имя первому изобретению Лосева дает не сам ученый, а редактор парижского журнала инженер Кинэ и называет его «Кристадин». Лосевым восхищаются.



Группа сотрудников Тверской радиостанции, составлявшая основное ядро Нижегородской радиолaborатории



Коллектив сотрудников Тверской радиостанции



Радиоприемник «Кристадин» Олега Лосева

Профессор В. К. Лебединский о Лосеве



В 1922 году он демонстрирует результаты своих исследований по использованию кристаллического детектора в роли генератора незатухающих колебаний. В публикации по теме доклада приведены схемы лабораторных испытаний и математический аппарат для обработки материала исследований. На схеме видна «N-образная» вольт-амперная характеристика «кристадина», типичная для туннельных диодов. Олег Лосев первым применил на практике туннельный эффект в полупроводниках. Но это стало понятно только после Второй мировой войны.

Нового прорыва в радиоэлектронике не произошло. В России Лосева считали радиолюбителем. Было выбрано направление для развития радиотехники. Все силы были брошены на совершенствование радиоламп, которые успешно вытесняли электрические машины и дуговые разрядники из передающей радиоаппаратуры. Радиоприемники на лампах работали всё устойчивей, и становились всё дешевле. Поэтому профессиональными радиотехниками «кристадин» тогда рассматривался как курьез: гетеродинный приемник без лампы, надо же! Спустя десятилетия оказалось, что как раз лампы были тупиковой ветвью развития.

Изобретатель «приемника без лампы» Олег Лосев подарил свое изобретение радиолюбителям всего мира. Постепенно незапатентованное открытие начали использовать люди не чуравшиеся коммерции, и имя Лосева в связи с ним перестало звучать. Закончилось тем, что журнал «Radio News» присвоил себе торговую марку «Кристадин».

Почему Лосеву не дали патент в России? Его научный руководитель и коллега Владимир Лебединский написал по этому поводу довольно едкой фельетон, в котором были слова: «Говорят человека не нашлось, чтоб мог обычный детектор от генерирующего отличить — вот и не дали патент».

С 1924 по 1928 год изобретатель получил от радиолюбителей более 700 писем и ни одно из них не оставил без ответа. Его корреспонденты писали, что при помощи детектора из цинкита в Томске можно слышать Москву, Нижний Новгород и заграничные станции. Кристадины на длине волны 24 м работали на нескольких радиостанциях Наркомата почт и телеграфов (НКПТ), предшественника министерства связи.



Музей науки «Нижегородская радиолaborатория»



Экспозиция в музее «Нижегородская радиолaborатория», посвященная Олегу Лосеву



Основатели Нижегородской радиолaborатории

«Эффект Лосева»

Историки физики могут записать во всех учебниках: первый светодиод появился в 1923 году в Советском Союзе в Нижегородской лаборатории благодаря Олегу Лосеву. Он экспериментировал с кристаллическими элементами, пытаясь создать более дешевый аналог детекторов — без громоздких и прожорливых электронных ламп. Исследуя место контакта карбида кремния и стальной проволоки, Олег Лосев обнаружил «холодное свечение» — оно происходило без инерции, разогрева и выделения тепла. Полупрозрачный кристалл под тонким стальным острием светился. «Вероятнее, что здесь происходит совершенно своеобразный электронный разряд, не имеющий, как показывает опыт, накаливаемых электродов», — писал ученый в одной из своих статей. Такое явление получалось благодаря взаимодействию карборунда, стальной проволоки и электричества. Явление назвали «эффектом Лосева», в честь его первооткрывателя.

А в 1927–1928 годах Олег Владимирович сделал и третье свое открытие — емкостный фотоэффект в полупроводниках, то есть способность кристаллов преобразовывать световую энергию в электрическую (принцип действия солнечных батарей). Патент СССР № 12191 на «световое реле» Лосев получил 28 февраля 1927 года. Фактически это и было изобретением первого полупроводникового светодиода. Светоизлучающие диоды тогда использовались не в качестве источников света, а для определения телеграфных и телефонных сигналов, а также записи модулированного светового потока на фотопленку.

Лосев в Ленинграде

В 24 года Олег Лосев был известен физикам всего мира. Его, не имевшего диплома о высшем образовании, западные коллеги называли «профессором». Но вскоре его научная жизнь была поставлена на паузу. Вмешались политика и бюрократия. Время от времени в молодой стране Советов вспы-

хивали чистки вредных элементов. Обычно вспоминают о волне репрессий 1937–1938 годов, но, в действительности, процессы по ущемлению прав граждан, шли постоянно. Лосев со своим враждебным пролетариату дворянским происхождением был очень уязвим и не только он.

С середины 1920-х годов Нижегородская радиолaborатория, в которой он работал, становится объектом интриг советской бюрократии. В итоге лабораторию переводят в Ленинград. Вместе с ней переезжает и Лосев. В стране усиливается борьба с «бывшим» элементом. Теперь уже невозможно так запросто напечатать статью в иностранном журнале. Статья должна быть одобрена соответствующими органами от науки. В ранжированной системе науки СССР невозможно было быть просто гениальным ученым. Статус должен быть подтвержден дипломом, званием. Только после прохождения этих инициаций, человек мог рассчитывать на включение в непростую систему распределения бытовых благ и, что было важнее для Лосева, получить поддержку исследований. В СССР он был радиолюбителем, домашним изобретателем, хотя теоретическую физику знал отлично, свои исследования строил на основе квантовой теории Альберта Эйнштейна.

После десяти лет научного молчания, с середины 1937 года Лосев стал работать рядовым преподавателем физики в Ленинградском медицинском институте им. Павлова. Публиковать его научные работы никто не хотел.

В Ленинграде Лосев подружился с физиком Абрамом Иоффе и, благодаря ему, Олегу Владимировичу удалось как-то закрепиться в советской науке. В лаборатории Физико-технического института под руководством Иоффе Лосев проводил исследования полупроводников из карбида кремния, связанные с квантовой теорией электромагнитных излучений в световом спектре диапазона волн. Занимался также созданием малогабаритных безвакуумных холодных источников света с низким напряжением питания (менее 10 В) и высоким быстродействием. Его экспериментальные приемы использовались в дальнейшем другими учеными.

Своими пионерскими исследованиями в области светодиодов и фотодетекторов Лосев внес вклад в будущий прогресс оптической связи. Его исследования были так точны, публикации так ясны, что без труда завоевывали себе сторонников, а интуитивный выбор и искусство экспериментатора многих сведущих людей просто изумляли. С учетом сделанных им открытий лаборанту Лосеву в 1938 году по представлению академика Иоффе Ученым советом Ленинградского индустриального института была присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по совокупности выполненных научно-исследовательских работ без защиты диссертации и наличия диплома о высшем образовании.

В Ленинградском физико-техническом институте у Лосева было собственное рабочее место, но закрепиться в штате ему не удалось. Исследователи его биографии отмечали, что ученый никогда не был командным игроком. У него нет работ, которые он написал бы в соавторстве.

С получением кандидатского свидетельства Лосев мог преподавать в высшем учебном заведении, и в 1938 году он перешел на должность ассистента кафедры физики в Ленинградский первый медицинский институт, продолжая при этом заниматься и научно-исследовательской работой. В 1938–1939 годах ученый прославился исследованием электропроводимости тончайших, следу-

щих друг за другом, начиная с поверхности, слоев кристаллов карборунда с противоположным механизмом проводимости. Результаты проведенных им экспериментов послужили обоснованием теории запирающего слоя в современном учении о полупроводниках. Им были разработаны система противопожарной сигнализации, электрический стимулятор сердечной деятельности, а после начала войны — портативный обнаружитель металлических предметов (пуль и осколков) в ранах. В 1941 году экспериментатор начал работать над темой «Метод электролитных фотоспротивлений, фоточувствительность некоторых сплавов кремния».

Блокада

Если бы не смерть в блокадном Ленинграде, судьбу Олега Лосева не стоило бы считать трагичной. Он занимался любимым делом. Были времена, когда его имя гремело по всему миру. Сам он, судя по оставленным им записям, не чувствовал себя несчастным и угнетенным. Жаль, что советская наука слишком поздно осознала те перспективы, которые давали его идеи. Его научные разработки не пропали. Их продолжили другие ученые.

В 1939 году Олег Лосев в автобиографии написал, что с открытием усилительных свойств кристаллов появилась реальная возможность создания полупроводникового аналога лампового триода. Ее реализовал в 1947 году американский ученый русского происхождения профессор Иллинойского университета Джон (Иван) Бардин. Ему (совместно с У. Браттейном и У. Б. Шокли) в 1956 году была присуждена Нобелевская премия, и при вручении научных регалий он публично признал приоритет Лосева в этой области.

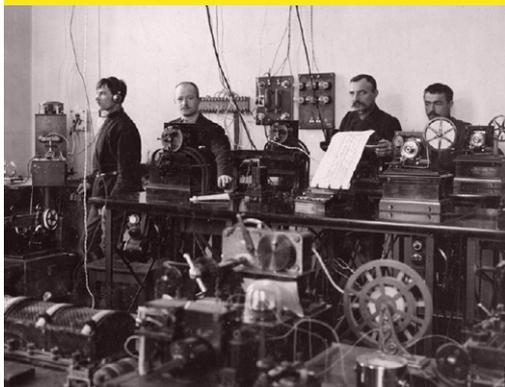
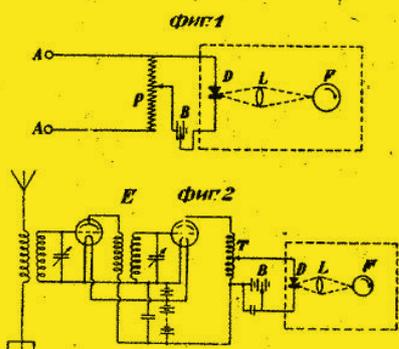
Личная жизнь Олега Лосева не задалась, он дважды был женат, но оба раза неудачно. Самым близким для него человеком была его мать, которую он ласково называл «матейка». Переехав в Ленинград, Лосев перевез туда и родителей. Когда началась Отечественная война и немецкие войска подошли к Ленинграду, Олег Лосев решил оставаться в городе и эвакуировать только родителей, но удалось отправить только отца. Мать осталась с сыном. Лосев продолжал работать. Когда началась блокада, он стал донором. В начале января 1942 года от голода умерла мать, а через несколько дней — 22 января 1942 года в госпитале мединститута от истощения умер и сам изобретатель первого в мире светодиода. Его тело не было востребовано, похоронили Олега Лосева в братской могиле.

Его последняя законченная исследовательская работа по фотопроводимости в сплавах кремния, отосланная в редакцию научного журнала АН СССР «Экспериментальная и теоретическая физика» оказалась потерянной. Найти рукописи статьи не удалось. В том же году в США компании Sylvania и Western Electric начали промышленное производство кремниевых точечных диодов, которые использовались в качестве детекторов-смесителей в радиолокаторах. Практическое применение эффекта электролюминесценции стало возможным лишь в конце 50-х годов XX века.

Смерть Лосева совпала по времени с рождением кремниевой технологии. Он на десятилетия опередил современную ему электронику и радиотехнику. Не было достаточно чистых материалов, теории полупроводников, чтобы добиться воспроизводимого повторения, поэтому его преждевременные открытия не оценили в научном мире по достоинству сразу. Только в 1952 году профессор Остроумов на сессии ВНТОРЭС выступил с докладом «Советский приоритет в деле создания кристаллических электронных реле по работам О. В. Лосева», и сессия предложила издать труды уникального ученого, доработать его научное наследие и внедрять полупроводники в практику. В 1954 году был организован Институт полупроводников АН СССР, директором которого стал Иоффе.

У этой истории нет какой-то морали. Как можно заставить себя не спешить и не опережать время? Стоило ли соблюдать все ступени советской бюрократии? Можно ли жертвовать в войну гениальным ученым? Эти будоражащие вопросы мы можем задавать бесконечно. Олегу Лосеву было 38 лет, когда он умер. На мгновение замерев, наука пошла дальше, увенчивая славой других героев, а мы обещаем вам рассказывать о великих ученых, оставшихся в тени своих открытий.

К патенту О. В. Лосева № 12191



В радиолaborатории

МИР ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКСПОЗИЦИИ ВЫСТАВКИ

ЯНВАРЬ / ФЕВРАЛЬ / МАРТ

США, Лонг-Бич / 13.01–15.01
«Intersolar North America»
Выставка и конференция

ОАЭ, Абу-Даби / 17.01–19.01
«World Future Energy Summit»
Международная выставка и саммит

Бельгия, Гент / 19.01–20.01
«Intersolution»
Международная выставка

Франция, Нант / 26.01–27.01
«Bio360 Expo Europe Winter»
Выставка

США, Даллас / 26.01–28.01
«Powergen International»
«DistribuTech San Diego»
Международные выставки и конференции

Япония, Токио / 26.01–28.01
«ENEX / SEJ / Energy Supply & Service»
Международная выставка

Япония, Йокогама / 26.01–28.01
«Renewable Energy Exhibition»
Международная выставка

Австрия, Инсбрук / 28.01–30.01
«Tiroler Hausbau & Energie Messe Innsbruck»
Выставка

Финляндия, Ювяскюля / 02.02–04.02
«Electric Tele Valo AV»
Международная выставка

Германия, Эссен / 08.02–10.02
«E-world Energy & Water»
Международная ярмарка и конгресс

Танзания, Дар-эс-Салам / 10.02–12.02
«Power & Energy Tanzania»
«Solar Africa Tanzania»
Международные выставки

Санкт-Петербург / 11.02–13.02
«Арктика: шельфовые проекты
и устойчивое развитие регионов»
Выставка

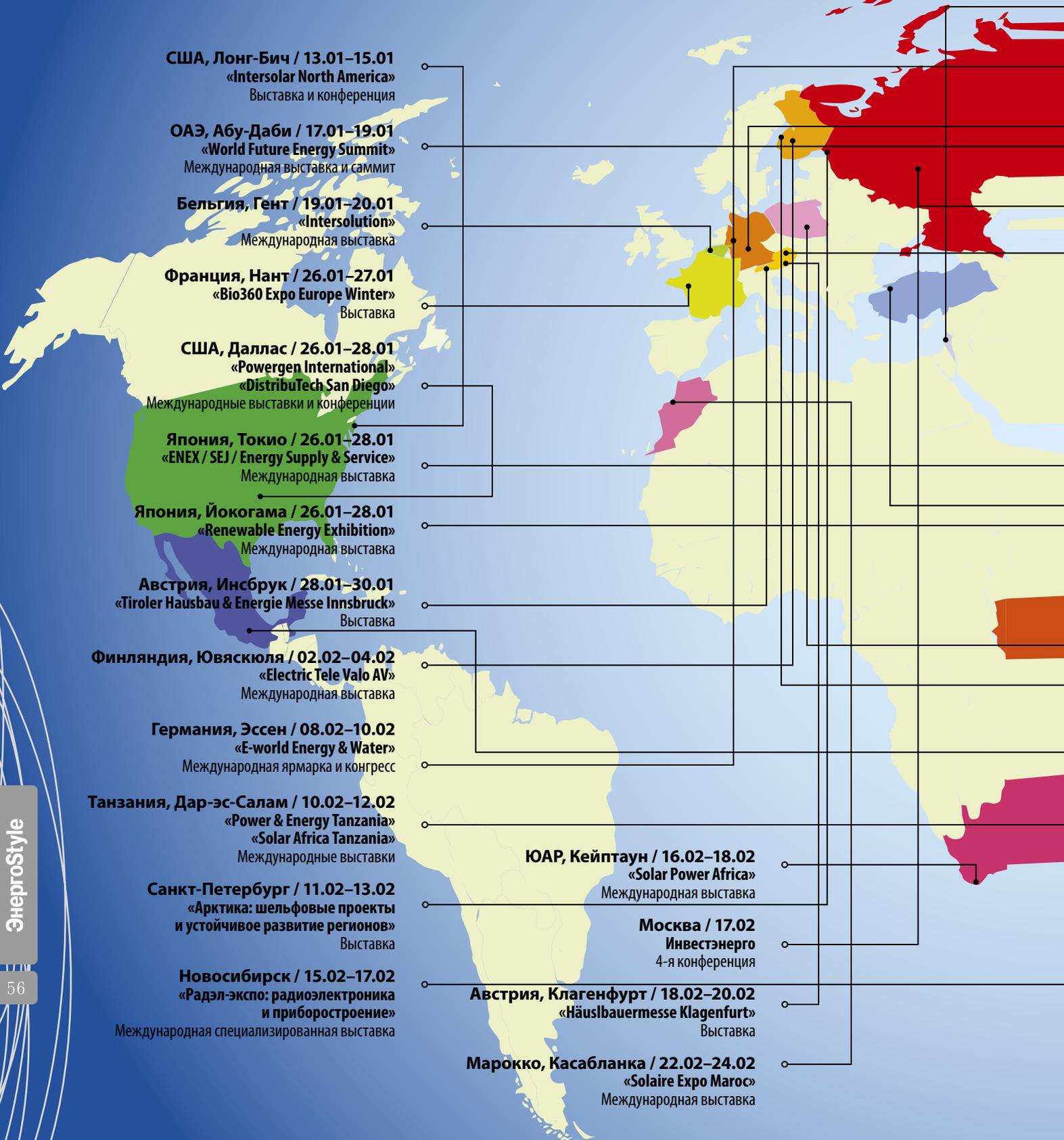
Новосибирск / 15.02–17.02
«Радэл-экспо: радиоэлектроника
и приборостроение»
Международная специализированная выставка

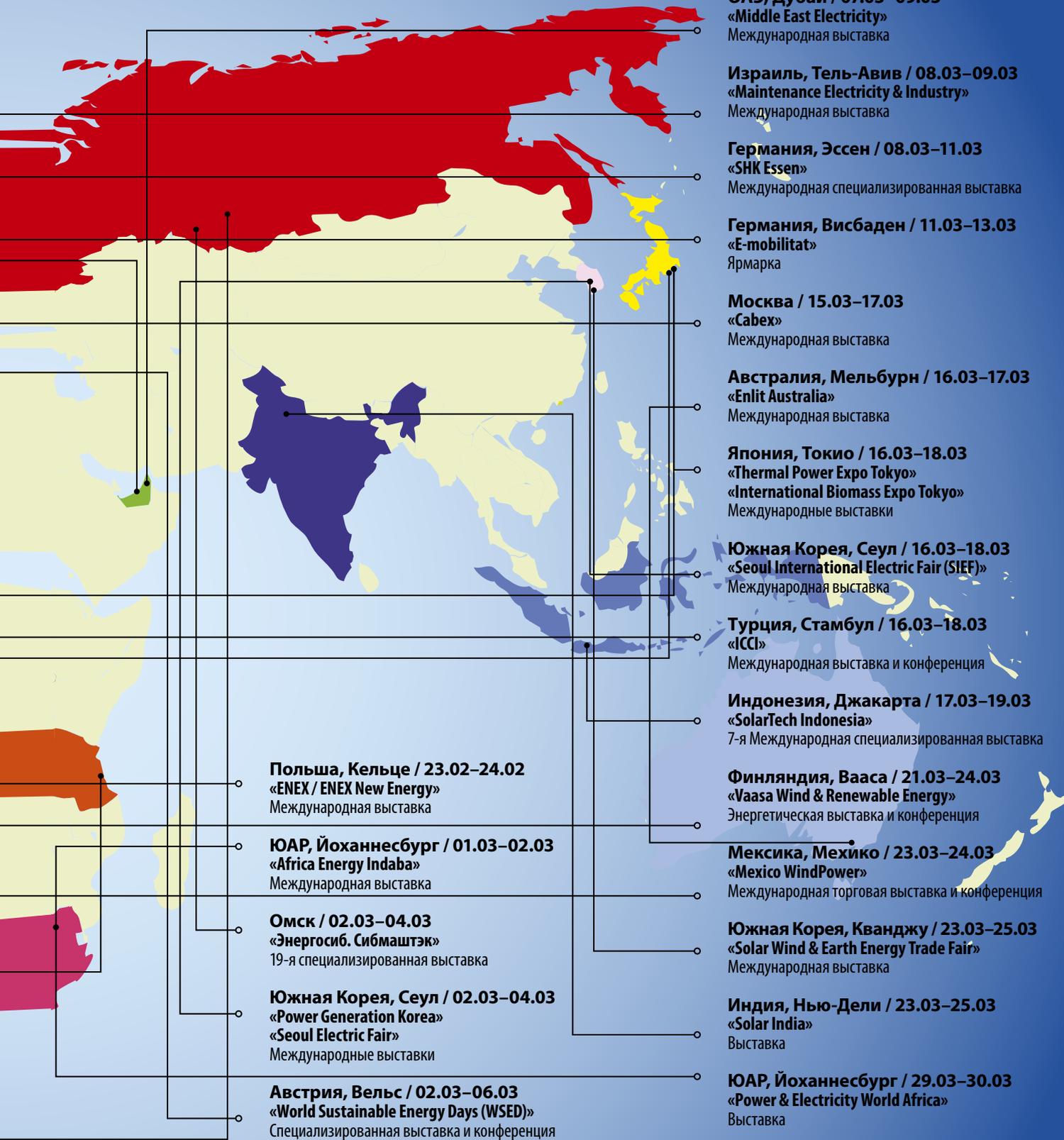
ЮАР, Кейптаун / 16.02–18.02
«Solar Power Africa»
Международная выставка

Москва / 17.02
Инвестэнерго
4-я конференция

Австрия, Клагенфурт / 18.02–20.02
«Häusbauermesse Klagenfurt»
Выставка

Марокко, Касабланка / 22.02–24.02
«Solaire Expo Maroc»
Международная выставка







Быстрее, быстрее, еще быстрее

Леонид Салмин, профессор Уральского государственного архитектурно-художественного университета, кандидат искусствоведения

Развитие бесчисленных городов и малых поселений планеты, освоение земного ландшафта в целом в огромной мере зависят от прогресса средств и систем транспорта. За тысячелетия эволюции транспортных средств существенно изменились физические принципы их устройства и функционирования. Однако самый быстрый и мощный прогресс в своем развитии транспорт ощутил в то относительно недавнее время, когда планетарная цивилизация вошла в эпоху промышленных революций и научно-технических достижений.

Электрическая альтернатива

Одной из важнейших инноваций в сфере транспорта было обращение к возможностям использования электроэнергии. Сегодня средства транспорта на основе электрической тяги — привычный элемент транспортной культуры, жизни городов и агломераций, а также систем транстерриториального и межконтинентального сообщения.

Жители городов давно привыкли к таким видам общественного транспорта как трамвай, троллейбус, фуникулер, метро и ряд других. Вероятно, неизбежно и грядущее привыкание к таким средствам передвижения как электромобили (индивидуального пользования или беспилотные такси), разнообразные средства индивидуальной мобильности (от электросамокатов и электровелосипедов до сегвеев, гироскутеров, моноколес и т.п.). В наши дни электротранспорт представляет серьезную альтернативу транспорту, использующему углеводородное топливо и прочие невозполнимые природные энергоресурсы. Электродвигатели все больше теснят на рынке средств транспорта двигатели внутреннего сгорания. Сегодня уже почти каждый сотый автомобиль в мире — электромобиль. Преимущества электрических транспортных средств многоплановы и перспективны. И хотя идея тотального перехода транспортных систем к электрическим источникам энергии представляет собой поле для жарких дискуссий, время все же объективно работает на глобальную электрификацию транспортных коммуникаций. Ведь в пользу электрической энергии цивилизацию склоняет целый ряд неоспоримых аргументов. Два главных — эффективность (минимум непроизводительных энергетических потерь) и чистота (экологическая

безопасность, минимум вредных воздействий на окружающую среду).

Однако дело отнюдь не только в поднятых на щит ценностях разума и экологического сознания. Электрификация транспорта в перспективе означает принципиальные методологические изменения в самой транспортной культуре. Все более расширяющийся переход средств транспорта на электроэнергию неизбежно приведет к все большей инфраструктуризации систем транспорта. Речь идет не просто о решении технологических задач — о развитии специализированных дорог, электроснабжающих линий или точек пополнения электроэнергией батарей, аккумуляторов и т.д. Ведущее значение приобретают собственно социальные факторы транспортной культуры. Развитие транспортных инфраструктур, ориентированное на повышение роли электротранспорта, появление технологий беспилотного управления, кардинальное повышение скоростей передвижения, увеличение емкости трафика — все это предъявляет новые требования к транспортному поведению огромных масс населения.



Новая транспортная реальность

Перемещения людей в пространстве меняют характер на наших глазах. Уже сегодняшние практики транспортного поведения населения позволяют выделить два принципиальных вектора развития транспортных систем. Первый вектор — индивидуализация, развитие средств перемещения, позволяющих осуществлять с достаточной скоростью независимое движение по персональным маршрутам (показательный массовый пример этого — взлет в крупных городах популярности шеринга электросамокатов). Этот вектор связан с повышением технического потенциала индивидуальной мобильности населения и предполагает развитие и функционально-эргономическую кастомизацию средств индивидуальной мобильности в соответствии с конкретными возможностями определенных групп населения. Речь о дифференциации индивидуальных средств перемещения в пространстве в соответствии с физическими и ментальными возможностями молодежи, взрослых, пожилых, а также инвалидов и людей с ограниченными возможностями. Особый сегмент в области средств индивидуальной мобильности составляют средства перемещения, используемые работниками разнообразных логистических сервисов и служб доставки. Этот сегмент активно развивается и генерирует потенциальный запрос на различные, в том числе и беспилотные (включая воздушные), средства транспортной доставки. Образцы таких средств уже проходят испытания в ряде корпоративных систем доставки, в частности, почты.

Второй вектор развития транспортных систем — реализация инфраструктурных проектов, ориентированных на создание общественных систем перемещения значительных количеств населения на значительные расстояния со значительными скоростями доставки до цели. Речь идет как о сетях внутригородского общественного транспорта, так и о сетях междугородного и межрегионального сообщения. Смысл этого направления развития состоит в оптимизации социально-экономических и логистических параметров транспортного трафика в контексте больших пространственных величин. Это касается перемещения людей (как в качестве потребителей, так и в качестве трудовых ресурсов) между различными географическими локациями, представляющими собой элементы единой экономической сети. Существующие сети железнодорожного и автомобильного транспорта, хотя и осуществляют достаточно регулярную связь между различными географическими точками континентальных территорий, все же не могут удовлетворять требованиям возникающей на наших глазах новой экономико-географической реальности с ее безусловным приматом минимизации времени, максимизации скорости и эффективности транспортных перевозок.

Ряд технических и бизнес-инноваций, осуществляемых в мире в последнее время, ставят под сомнение даже перспективы давно зарекомендовавших себя скоростных поездов, без которых сегодня невозможно представить себе, например, транспортное сообщение в Европе и странах Евросоюза. Эти инновации дают основания предвидеть достаточно скорые изменения в крупномасштабных транспортных системах, обслуживающих задачи перемещения на расстояния свыше нескольких сотен километров. Так, например, проект Илона Маска «Hyperloop» (сверхскоростная транспортная система, представляющая собой «парящие» капсулы на магнитной тяге, которые на огромной скорости перемещаются в вакуумной трубе) позволяет всего за один час преодолевать расстояние в 1200 км. Если представить себе, что такая транспортная магистраль свяжет, скажем, Екатеринбург и Казань, то станет ясно, что житель Екатеринбурга сможет ездить на работу в Казань или наоборот. Однако куда важнее, что этот факт в принципе меняет всю ментальную географию суши, поскольку резко снижается значение расстояний как психологического, социального, экономического и логистического фактора.

Ключевые стратегии

Таким образом, если всерьез оценивать перспективы дальнейшей электрификации транспорта, то можно уверенно говорить, по меньшей мере, о двух ключевых параллельных стратегиях транспортного развития. Первую стратегию можно обозначить как «мобилизацию пешехода». Развитие разнообразных средств индивидуальной мобильности — как личных, так и шеринговых — есть движение, прежде всего, в сторону отказа от автомобиля в пользу легких, компактных инструментов перемещения в пространстве по стохастическим маршрутам, что позволяет разгрузить дорожную сеть и уменьшить такой фактор как пробки. Дополнительный плюс этой стратегии — физическая подвижность людей разного возраста, развитие более здоровой культуры движения, экологические преимущества и т.д. Понятно, что данная стратегия относится преимущественно к городам как относительно компактным территориям транспортного движения и предполагает компромисс между объективными ограничениями городской среды и городского социального общежития (в первую очередь, нормами безопасности), с одной стороны, и доступностью городских расстояний для преодоления их с помощью средств индивидуальной мобильности, с другой. Реализация этой стратегии способна в перспективе существенно изменить облик крупных поселений и урбанистическую транспортную культуру в целом, высвободив города от автомобильного засилья, повысив показатели физической активности и локальной мобильности горожан и очистив окружающую среду от транспортных выхлопов.

Вторую стратегию, параллельную вышеописанной, можно обозначить как «наземный транспорт сверхвысоких скоростей». Тут можно выделить несколько уровней. Во-первых, эта стратегия предполагает внедрение транспортных средств, маршрутных линий и инфраструктуры, рассчитанных на такие показатели времени доставки от исходного пункта до цели, при которых перемещение туда и обратно соизмеримо с существующими сегодня временными затратами на внутригородские перемещения (например, дом — работа). Такие скорости перемещения дают возможность сращения крупных поселений (например, таких городов-миллионников как Екатеринбург и Челябинск) в реальную агломерацию с объединенным ресурсом населения. Другим следствием внедрения систем наземного транспорта сверхвысоких скоростей может стать изменение системы расселения, дезурбанизация, территориальное рассредоточение жилых образований и снижение нагрузки на крупные города. Что же касается значительно больших расстояний (особенно, применительно к географическим реалиям России), то на этом уровне межрегиональных и трансконтинентальных перемещений тоже возникает новая ментальная география, поскольку определяемая временными затратами психологическая метрика расстояний становится соизмерима с соответствующим опытом авиасообщений.

Зачем ускоряться?

Итак, даже беглое размышление об электрификации транспортных коммуникаций и об электроэнергии как главной ресурсной альтернативе современного транспортного развития приводит к пониманию того, что электричество становится двигателем глобальной транспортной революции. Электричество меняет технические характеристики и функциональные возможности транспорта. Оно умножает число разновидностей транспортных средств и усложняет их типологию. Впрочем, значительно более важно, что оно меняет психологическую метрику ландшафта, закрепляя новые, беспрецедентные нормы скорости и новую меру расстояний. Электричество позволяет уловить связи и взаимовлияния между типологией видов, средств и систем транспорта, с одной стороны, и типологией расстояний, с другой. А это значит, что стратегии транспортного развития неизбежно вызывают к жизни соответствующие встречные стратегии территориального развития, расселения и урбанизации. Транспорт и территория могут развиваться в органической взаимосвязи друг с другом. Но достичь разумного баланса в этом процессе они могут лишь при условии верного и адекватного социального целеполагания. В мире, полном локальных предрассудков, границ, политического, национального и всякого иного разобщения, это крайне сложная задача.



Электричество дает человечеству возможность перемещаться быстрее, быстрее и еще быстрее... Но само по себе ускорение бессмысленно, если оно не имеет внятной гуманистической цели. А пока мы пытаемся определиться в том, для чего нам необходим прогресс скорости, электричество неумолимо подводит нас к тому скоростному пределу, за которым неизбежно возникает уже новая транспортная тема — тема телепортации, и вовсе снимающая с повестки вопрос о времени и расстоянии. Но это уже, конечно, сюжет для совсем другого размышления... **ЭС**



Самая крупная в России
международная выставка
кабельно-проводниковой продукции



> 140 компаний-участников
> 4 000 специалистов

Москва, ЦВК «Экспоцентр»
15–17 марта 2022



Забронируйте стенд
www.cabex.ru

Организаторы



Международная
Выставочная
Компания
+7 (495) 252 11 07
cabex@mvc.ru



АССОЦИАЦИЯ
ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬ

Генеральный информационный
партнер

RusCable.Ru
Энергетика. Электротехника. Связь.
Первое отраслевое электронное СМИ № 0577-28661



ТРАНСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



КОМПЛЕКТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТЕ

ИЗОЛЯТОРЫ • АРМАТУРА • КАБЕЛЬ • ПРОВОД • ГРОЗОТРОС • ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА • ОПОРЫ • ТРАВЕРСЫ
ФУНДАМЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОНТАЖА ВОЛС • ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДСТАНЦИЙ
ЭКСПЕРТИЗА • КОМПЛЕКТАЦИЯ • ПРОЕКТИРОВАНИЕ • СОГЛАСОВАНИЕ • ИНВЕСТИЦИИ.

WWW.LOCUS.RU
8 800 201 42 75

 LOCUS750KV
 HOLDING_LOCUS

620062, РФ, ЕКАТЕРИНБУРГ, УЛ. ГЕНЕРАЛЬСКАЯ, 7, ОФ. 522,
+7 (343) 385 90 36, 375 87 87, E-MAIL: LOCUS@LOCUS.RU

630083, РФ, НОВОСИБИРСК, УЛ. БОЛЬШЕВИСТСКАЯ, 177, ОФ. 425,
E-MAIL: LOCUS-NSK@LOCUS.RU