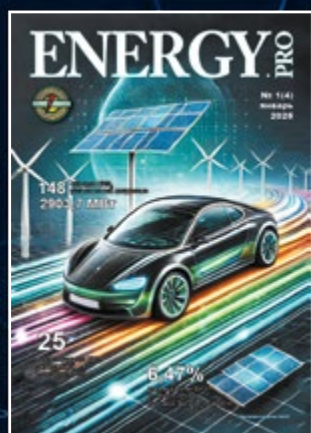


ENERGY^{PRO}

№ 4(13)
август-сентябрь
2026



25 ЛЕТ

Новое имя
25-летней истории





Известная торговая марка Китая **LONGXIANG ELECTRIC**

Широко используется в различных отраслях электроэнергетики, химической промышленности, ветроэнергетике, металлургии, сталелитейной и горнодобывающей промышленности

- ♦ 42 года специализируется в области исследований и разработок производства вакуумных выключателей
- ♦ Ежегодно производится 17600 комплектов вакуумных выключателей высокого напряжения
- ♦ Продукция экспортируется в Соединенные Штаты, пять стран Центральной Азии и Юго-Восточную Азию

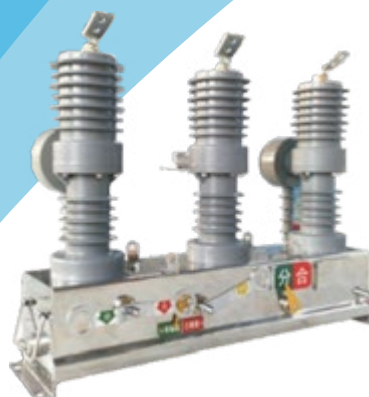


ZN63A(VS1)-12 Внутренний высоковольтный вакуумный выключатель

- Номинальное напряжение: 12~24 кВ
- Номинальный ток: 630~4000 А
- Номинальный ток отключения при коротком замыкании: 20~50 кА

ZW7-40.5 Наружный высоковольтный вакуумный выключатель

- Номинальное напряжение: 40.5 кВ
- Номинальный ток: 1250~2000 А
- Номинальный ток отключения при коротком замыкании: 20~31.5 кА



ZW32-12 Наружный высоковольтный вакуумный выключатель

- Номинальное напряжение: 12 кВ
- Номинальный ток: 630~2000 А
- Номинальный ток отключения при коротком замыкании: 20~25 кА



LONGXIANG
ELECTRICAL CO., LTD.

SHAANXI LONGXIANG ELECTRICAL CO., LTD

электронная почта: vcb@longxiangelectric.com



OEM/ODM



Уникальность
Надежность
Качество

АО «АИЗ» – инновационное предприятие, ориентированное на разработку и внедрение в российской энергетике новых типов высоковольтной изоляции. Высокое качество выпускаемой продукции является приоритетной задачей нашего завода. Система менеджмента предприятия сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта качества ISO 9001:2008, так же выпускаемая продукция сертифицирована в системе ГОСТ Р. Научно-исследовательская деятельность завода охватывает области опорной изоляции, проходных изоляторов, штыревых изоляторов, разъединителей, предохранителей, измерительных трансформаторов тока и напряжения, сигнализаторов повреждения линий, а также фундаментальных основ энергетики. Конструкторское бюро завода имеет многолетний опыт разработки всех типов линейной арматуры и высоковольтных изоляторов.

Завод производит: штыревые изоляторы типа ШПУ на напряжение до 35 кВ, линейные стержневые изоляторы типа ОЛК на напряжение до 35 кВ; проходные полимерные изоляторы марки ИППУ на токи до 10000 А; опорные полимерные изоляторы типа ОНШП, ОСК до 330 кВ; шинные опоры марки ШОП на напряжение до 330 кВ для жесткой и гибкой ошиновки подстанций; демпер – марка распорки-демпфера нового поколения; арматуру для жесткой ошиновки.

Кроме выполнения тендерных проектов специалисты конструкторского бюро разработали для применения в проектировании новых типов изоляторов типовые подвески для стеклянных и полимерных изоляторов.

В планах нашего завода постоянно совершенствоваться, наращивать мощности, создавать новые производственные участки, обеспечивать непрерывное обучение и рост профессионального мастерства всего персонала.

АО «АИЗ» предлагает Вам оптимальную цену, разработку и освоение производства изделий под Ваши потребности, доставку в любые регионы России и за рубеж.



АО «АИЗ» – производство полимерных изоляторов и арматуры для жесткой ошиновки подстанций
140081, Московская обл., г. Лыткарино, Парковая ул., д. 1, офис 1, тел.: +7 (495) 741-22-86 (многоканальный)
Отдел сбыта: 1@aiz.com, m@aiz.com, e@aiz.com, 8@aiz.com, сайты: www.insulators.ru, www.bus-bar.ru



Информационно-аналитический
производственный журнал.
Основан в октябре 2001 года.

№ 4 (13) 2026 г.

Директор проекта
Марат ДУЛКАИРОВ –
генеральный директор СИЭ РК
Главный редактор
Тимур НУРУМОВ
+7 (707) 292 95 76
2929576@mail.ru
Технический редактор
Александр ТРОФИМОВ –
председатель правления СИЭ РК,
член-корр. НИА РК
+7 (776) 984 37 25
Отдел рекламы и подписки
2922029@mail.ru
Вёрстка и дизайн NT Frame
Электронная версия
www.kazenergy.kz
Подписка принимается
почтовыми агентствами Казпочта
и Евразия Пресс по индексу 76246.
Свидетельство о регистрации
печатного издания
№ KZ79VPY00097450
от 23.07.2024 г. выдано
РГУ «Комитет информации
Министерства культуры и инфор-
мации Республики Казахстан».
Учредитель и издатель:
ООО «NTB.PRO»,
г. Алматы, главпочтамт, а/я 11.
Мнение редакции может
не совпадать с позицией автора.
Редакция не несёт
ответственности за содержание
рекламных материалов.
Все права защищены.
При перепечатке материалов
ссылка на «ENERGY.PRO»
обязательна.
Формат А4.
Тираж 1500 экз.
Отпечатано в
ООО «Print House Geron»,
г. Алматы, ул. Сатпаева 30/а.

СОДЕРЖАНИЕ

На полосах обложки:

- 2 LONGXIANG Electric
3 ООО «НПО «Горизонт Плюс», Московская обл.
Преобразователи (датчики) для энергетиков
4 ТОО «Test instruments», Алматы
Измерительные приборы и инструмент высшего качества

Внутренние полосы:

- 1 АО «АИЗ», г. Архангельск.
Уникальность. Надёжность. Качество
2 Содержание, колонка редактора
МНЕНИЯ
4 Герман ТРОФИМОВ
Блэкаут в Казахстане как индикатор
системной уязвимости: роль накопителей
энергии в предотвращении
каскадных аварий
19 Леонид Иванович ЖУРАВЛЕВ,
Анатолий Матвеевич ВАСИЛЬЕВ,
Электрические сети города Алматы
напряжением 35 кВ и выше
22 Александр ТРОФИМОВ, Лев ПЕВЗНЕР
Роль отраслевых проектных институтов
в развитии экономики страны, региона и области
25 Махсут ОРДАБАЕВ
Энергетика Казахстана. ВИЭ, ГТЭС, АЭС
ТЕХНОЛОГИИ
28 ТОО «Росатом Центральная Азия», Астана
Термоядерный импульс для гиротронов
30 ТОО «Росатом Центральная Азия», Астана
«Прорыв» делает ставку на пирохимическую
переработку ОЯТ
31 ТОО «Росатом Центральная Азия», Астана
Алексей Лихачев: АЭС по российским проектам могут
работать в условиях аномальной жары
КАЗЭНЕРГОПРОФСОЮЗ
32 Человек верных решений
33 Портрет профсоюзного лидера
Золотинка

ПРОИЗВОДСТВО

- 36 Болат ТАЙТИКОВ, АО «ОЭСК», Усть-Каменогорск
Центральное диспетчерское управление АО «ОЭСК»:
управление энергосистемой в режиме
реального времени

МЕРОПРИЯТИЯ

- 39 Анонс Форума «КазЭнергоОТП-2026»
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СОВЕТ СНГ
40 Приглашаем принять участие в XXX Юбилейном
Белорусском энергетическом и экологическом форуме
ИЗМЕРЕНИЯ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ
34 Дмитрий ТИН, ТОО «Test instruments», Алматы
42 Электронные модули для промышленного применения
44 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Профессиональные тепловизоры Guide серии РТ
45 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Поиск коронных разрядов, а также
визуализация утечек всех типов газов
46 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Профессиональные тепловизоры Guide серии С и Н
47 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Диагностическое и испытательное оборудование
для систем электроэнергетики

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- 48 Дмитрий ВИТОШНОВ, ТОО «ADVANTEK SYSTEMS»,
Устойчивые коммуникационные сети в энергетике

ПАМЯТЬ

- 52 Исаков Кежек Бершенович
53 Утегулов Нуржан Имангалиевич
54 Колинко Николай Сергеевич

МЕРОПРИЯТИЯ

- 55 Анонсы

С ЮБИЛЕЕМ!

- 62 Гамиль Хожаевич ХОЖИН
63 Аскар Кежекович ИСКАКОВ

МОЛНИЕЗАЩИТА

- 64 Компания «UniversalGroundSystem», Алматы
Активные молниеотводы Schirtec

ЖУРНАЛ ENERGY.PRO

Журнал ENERGY.PRO
освещает актуальные
проблемные вопросы
и тенденции развития
энергетической отрасли
Казахстана, авторитетные
мнения руководителей,
экспертов и ученых.
www.kazenergy.kz

Блэкаут в Казахстане как индикатор системной уязвимости: роль накопителей энергии в предотвращении каскадных аварий



Герман Геннадьевич ТРОФИМОВ, д. т. н., профессор, заслуженный энергетик СНГ и Республики Казахстан, Эксперт Федерального реестра экспертов научно-технической сферы Министерства образования и науки Российской Федерации, Вице-Президент по энергетике Израильской Независимой Академии Развития Науки.

Когда гаснет сеть, накопитель дает энергосистеме самое ценное – время на спасение.

14 августа 2026 года в 14:37 на Токтогульской ГЭС (Киргизия) отключились два генератора мощностью ~600 МВт. Это вызвало резкое перераспределение потоков мощности в единой энергосистеме Центральной Азии. В Казахстане перегрузился транзит Север–Восток–Юг, и три линии 500 кВ аварийно отключились. Южная зона Казахстана отделилась от остальной энергосистемы, возник дефицит мощности ~2,8 ГВт. Этот сценарий очень похож на 2022 год, когда потеря генерации Кыргызстана привела к дефициту и росту перетока, что вызвало перегрузку ЛЭП. Сработавшая автоматика привела к отключению потребителей. Поэтому события 25 января 2022 г. и 14 августа 2026 г. фактически отражают одну и ту же проблему ОЭС Центральной Азии.

Год	Страны	Событие	Причины
2009	Казахстан, Кыргызстан	Крупное отключение 15 апреля ВЛ, связанной с Токтогульской ГЭС	Потеря элементов сети и генерации быстро привела к нарушению баланса
2009	Таджикистан, Узбекистан	Авария на Нурекской ГЭС. Отключения в Таджикистане и в Узбекистане	Высокая зависимость от ГЭС и малая диверсификация регулирующей мощности
С 2010 г.	Кыргызстан	Регулярные зимние ограничения и веерные отключения	Сочетание дефицита генерации, гидрологической зависимости
25.01.2022	Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан	Крупнейший региональный блэкаут последних лет	Потеря >1500 МВт генерации в Узбекистане, перегрузка 500-кВ транзита.
14.08.2026	Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан	Новый крупный региональный каскадный блэкаут	Отключение двух агрегатов Токтогульской ГЭС (~600 МВт) → рост перетока → перегрузка ЛЭП Север–Юг

Наиболее показательные аварии в ОЭС ЦА

Из таблицы видно, что Казахстанская энергосистема – крупнейшая энергосистема региона является критичной для всей Центральной Азии. Серьезные аварии в Узбекистане или Кыргызстане приводят к падению частоты в Казахстане. Это связано с тем, что через Казахстан идут основные

перетоки между странами. Поэтому ключевым фактором надежности становится развитие маневренных мощностей всего региона.

Подобные аварии имели место не только в Казахстане, но и во всем мире. Если считать только крупные, национального/регионального масштаба

аварии, то их число исчисляется десятками. Точного числа блэкаутов не существует – оно кардинально зависит от определения «блэкаут». Однако по многочисленным данным Интернета задокументированные блэкауты приведены здесь [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. ▼

Год	Событие	Масштаб
2009	Иран	250 млн чел.
2009	Латвия (Финляндия)	15–40 млн чел.
2009	Север-Восток США/Канада	55 млн чел.
2009	Италия/Швейцария	50 млн чел.
2009	Индия-Банг (Нидерланды)	100 млн чел.
2009	Бразилия (Парагвай)	60 млн чел.
2012	Иран	620 млн чел. (крупнейший блэкаут в истории по числу пострадавших)
2014	Бангладеш	150 млн чел.
2015	Турция	70 млн чел.
2015	Панама	140 млн чел.
2016	Швейцария	2,1 млн чел.
2016	Великобритания	1,15 млн чел.
2016	Аргентина/Парагвай/Уругвай	40 млн чел.
2019	Банг (Нидерланды)	120 млн чел.
2020	Швейцария	2,1 млн чел.
2021	Панама	240 млн чел.
2022	Казахстан (25 января)	~1000 МВт отключено, ~92 000 потребителей
2022	Бангладеш	140 млн чел.
2023	Панама	244 млн чел.
2024	Куба (с отключением блэкаутов в 2020)	Общественная власть
2025	Индонезийский полуостров (Неланга/Перураган/Финляндия)	Крупнейший в Европе с 2009 г., ~25 пострадавших, 7 погибших в Неланге, 1 в Перурагане
2025	Куба (с отключением блэкаутов в 2020)	~90% населения страны
2026	Куба (с отключением блэкаутов в 2020)	Общественная власть
2026	Казахстан (14 августа)	Фактически почти полный коллапс
2026	Грузия	7 млн чел. за два часа

Только из перечисленных выше крупных событий (по критерию «за-

тронувло значительную долю населения страны/региона») набирается более 25 отдельных блэкаутов за XXI век. И это заведомо неполный список, поскольку многие региональные аварии меньшего масштаба (как, например, множество локальных событий в отдельных штатах США, землях Германии и т.д.) в подобные топ-списки не попадают вовсе. Отметим, что системные аварии изменили свой характер. Если в XX веке доминировали перегрузы и каскадные обрывы линий, то в XXI веке спусковым крючком всё чаще становится динамический дисбаланс: дефицит синхронной инерции и неспособность генерации мгновенно восполнить небаланс.

Из таблицы видно ускорение блэкаутов во второй половине 2020-х годов, которое сопоставимо по плотности событий с целым предыдущим десятилетием. Это говорит о том, что блэкауты не просто продолжают происходить, но их частота растёт нелинейно, особенно климатически обусловленных.

Каждая из этих аварий имела свои причины. Крупные аварии развиваются за секунды, поэтому рассчитывать на «ручные» действия диспетчера или медленный набор нагрузки тепловыми блоками, пытающимися компенсировать недостаток генерирующей мощности, бесполезно.

Блэкаут – это не просто недостаток генерирующей мощности. Это быстро развивающийся процесс нарушения баланса мощности, при котором последовательно проявляются дефицит маневренной мощности, недостаток инерции, быстрое изменение частоты и работа противоаварийной автоматики. Поэтому предотвращение крупной аварии требует не одного универсального источника мощности, а совокупности средств, действующих на разных временных интервалах.

Сам по себе блэкаут не является уникальным событием: крупные системные аварии происходили в США, Италии, Индии, Австралии и других странах. Но для Казахстана, как мы понимаем, принципиальный вопрос в другом – что показал блэкаут о готовности энергосистемы Казахстана к возможному быстрому нарушению баланса мощности.

Не имея фактических диспетчерских данных, я не могу оценивать реальный ход событий во время блэкаута, поэтому более целесообразно



Карта энергетической инфраструктуры Казахстана 2022 г.

остановится вначале на особенностях энергосистемы Казахстана и смежных стран и проанализировать насколько структура генерации и имеющиеся современные технологии способны противодействовать процессу возможного блэкаута.

Географические масштабы страны, неравномерное распределением топливно-энергетических ресурсов и исторически сложившаяся конфигурация межсистемных связей создали зональную асимметрию и пространственную разобщенность структурной генерации в Казахстане. Это придало ЕЭС Казахстана особую топологию в том, что энергосистема разделена на три технологические зоны с выраженным балансовым дисбалансом.

Северная зона Казахстана это энергоизбыточный регион с мощной угольной генерацией (бассейны Экибастуза, Караганды, Павлодара). Она обеспечивает электроэнергией не только местную промышленность, но и передачу ее в смежные зоны. Однако, сама северная зона Казахстана испытывает острый дефицит собственной маневренной мощности. Несмотря на то, что регион является энергоизбыточным по общему объему выработки и базовой генерации (за счет Экибастузских ГРЭС и Аксуйской ГРЭС), специфика его энергетического узла создает серьезные системные проблемы с гибкостью регулирования. Дефицит мощности в объеме более 500 МВт покрывается перетоками из энергосистемы России [9].

Западная зона на базе газовой генерации нефтегазовых месторождений синхронизирована с ЕЭС России и соединена с ЕЭС Казахстана лишь протяженными слабыми транзитными линиями 220–500 кВ вдоль Каспийского региона.

Южная зона имеет слабую собственную генерацию (несколько ТЭЦ и малых ГЭС) и критически зависит от поставок электроэнергии с севера страны и из ОЭС Центральной Азии. И хотя в 2024 году в Южной зоне производство электроэнергии составило 13,2 % (15,6 млрд кВт·ч) от общего объема, а потребление по нашим расчетам 23 % от общего объема и учитывая, что на юге страны проживает около 40 % населения, то этого недостаточно.

Поэтому этот регион с высокой плотностью населения и динамичным ростом нагрузки в течение многих лет остается энергодефицитным. Дефицит электроэнергии в Южной зоне покрывается за счет поставок из Северной зоны [10].

В энергосистеме доминирует угольная генерация (~65–70 % выработки). ГРЭС-1, ГРЭС-2 в Экибастузе, Аксуйская ГРЭС имеют узкий регулировочный диапазон (не более 10–15 %) и минимальную скорость изменения мощности. Они технологически рассчитаны на работу в жестком базовом графике, что не позволяет им активно участвовать в регулировании мощности и обеспечить устойчивую работу в аварийной ситуации.

В энергосистеме Казахстана отсутствуют гидроаккумулирующие станции (ГАЭС), а также чистые пиковые газотурбинные (ГТУ) или газопоршневые агрегаты. К маневренным мощностям относятся ГЭС и газотурбинные электростанции (ГТЭС). Однако для выдачи ими электроэнергии в единую систему требуется около двух минут для ГЭС и 15–20 минут для ГТЭС.

Только они помогают покрыть скачки потребления в пиковые часы и балансировать нестабильную вырабатываемую электроэнергию ВИЭ. Поэтому из-за дефицита быстрых вторичных и третичных резервов в энергосистеме регулярно наблюдается сезонный и суточный дисбаланс и дефицит гибкости. При прохождении вечернего пика потребления и при резких колебаниях нагрузки энергосистема в течение уже многих лет испытывает острый дефицит быстрых вторичных и третичных резервов [11].

Ситуация еще больше усложнилась в связи с быстрым ростом доли СЭС и ВЭС. Ввод сотен мегаватт стохастической генерации (в частности, в ветровых коридорах Джунгарских Ворот, Шелекского коридора и южных солнечных регионов) без создания адекватных мощностей систем накопления энергии (BESS) и быстрых газопоршневых/газотурбинных станций (ГПЭС/ГТУ) усиливает градиенты небалансов и риски нарушения статической и динамической устойчивости при прохождении вечернего пика и аварийных ситуациях.

Огромным преимуществом Единой энергосистемы Казахстана является ее связь как с ЕЭС России, так и с энергосистемами Центральной Азии [12,13]. Вопрос обеспечения параллельной работы энергосистем России и ЦА рассматривался нами [14, 15, 16, 17].

Эта связь на севере страны позволяет не только решать технические проблемы путем компенсации суточных и межсуточных небалансов мощности и поддерживать номинальную частоту за счет высокой инерции и регулирующего объема российской энергосистемы. Она обеспечивает не только техническую необходимость поддержания частоты в энергосистеме Казахстана, но и способствует обеспечению экономической эффективности работы энергосистемы за счет снижения максимума нагрузки из-за работы в разных часовых поясах.

Передача избытков мощности из Северной зоны на энергодефицитный Юг осуществляется по трем транзитным линиям 500 кВ протяженностью свыше 1 000 км. Передающая способность транзита «Север – Юг» лимитирована условиями устойчивости параллельной работы. При аварийных отключениях элементов транзита возникают риски каскадного разделения системы и работы противоаварийной автоматики (АЧР, САОН). Суточные небалансы и динамические отклонения частоты в ОЭС ЦА парируются в основном за счет регулирующего эффекта и межгосударственных перетоков из ЕЭС России через транзит «Север – Юг» Казахстана.

Параллельная работа Казахстана с Объединенной энергосистемой Центральной Азии (ОЭС ЦА) обеспечивается синхронным режимом по кольцу 500 кВ (через Южную зону) за счет перетоков в/из энергосистем Кыргызстана и Узбекистана, на которые накладывается координация водно-энергетических режимов с каскадами ГЭС Нарына и Вахша. Однако сезонный и гидрологический фактор создает зависимость от режимов работы каскадов ГЭС (прежде всего Токтогульского и Нурекского гидроузлов) и порождает условия для возможной уязвимости: в маловодные периоды снижается резерв первичного и вторичного регулирования частоты.

Отметим, что в ОЭС ЦА, включая синхронизированную с ней Южную зону ЕЭС Казахстана, энергосистемы Узбекистана, Кыргызстана и Таджикистана (частично) вопрос гибкости является ключевым системным ограничением.

Суммарная установленная мощность электростанций региона превышает 32 ГВт, а объем реальной маневренной мощности значительно ниже

Энергосистема / Зона	Текущий дефицит маневренности	Основные причины и проявления
Южная зона Казахстана (и ЕЭС РК в целом)	1 500 – 2 000 МВт	Доминирование нерегулируемых угольных станций; отсутствие накопителей энергии; покрытие вечернего пика и небалансов за счет перетоков из ЕЭС России
Узбекистан	1 000 – 1 500 МВт	Быстрый рост пикового спроса и ввод крупных СЭС/ВЭС (более 2–3 ГВт) без достаточного объема быстрых резервов (BESS/ГТУ)
Кыргызстан	400 – 700 МВт (в зимний пик)	Сезонное маловодье Токтогульского водохранилища; дефицит энергии превращает гидроузлы из регулирующих в дефицитные
Таджикистан	300 – 500 МВт (в зимний период)	Зимний спад приточности р. Вахш; избыток маневренности летом сменяется жестким зимним энергодефицитом

требуемого. Структура генерации электроэнергии в странах региона различается.

Номинальные мощности ГЭС в ОЭС ЦА составляют ~30–35 % от общей мощности (в основном каскады рек Нарын в Кыргызстане (почти 90 %), Вахш в Таджикистане, Чирчик в Узбекистане (почти 9 %). Однако их фактическая гибкость ограничена и летом (режим работы станций подчинен графику ирригационного водосброса и зимой, когда выработка лимитирована накопленным объемом водохранилищ (Токтогульское, Нурекское) и рисками глубокой сработки, из-за чего ГЭС вынужденно работают в базовой части графика.

Регулируемая тепловая газовая генерация осуществляется за счет ПГУ/ГТУ. Эти станции в основном сосредоточены в Узбекистане (где они доминируют и активно модернизируются) и на западе/юге Казахстана. Новые блоки ПГУ обладают маневренностью, но значительная часть старых газовых ТЭС работает в жестком тепловом или полубазовом режиме [18, 19].

Угольная генерация. В Казахстане на угольных станциях приходится до 70 % выработки. Они технологически рассчитаны на работу в жестком базовом графике с диапазоном регулирования менее 10–15 % и крайне низкой скоростью набора/сброса мощности. По техническим и экономическим причинам они не могут оперативно следовать ни за изменением графика нагрузки, ни за изменением непостоянной генерации ВИЭ.

А доля собственных маневренных мощностей в Казахстане в 2024 г. составляла ГТУ – 10,1 % и ГЭС – 9,5 % [20] (при норме порядка 20–25 %). Она невелика о чем мы уже не раз говорили [21, 22].

В Узбекистане доля угольных ТЭС в выработке составляет порядка 15–16 %, а в Кыргызстане около 10 % [19]. За счет этого в синхронной зоне ОЭС ЦА в периоды суточных максимумов нагрузки (особенно в вечерний пик) текущий суммарный дефицит маневренной мощности составляет от 2,5 до 4,0 ГВт.

Отсутствие маневренной мощности в регионе неоднократно приводило к крупным авариям в регионе ЦА. Они в значительной степени обусловлены не только дефицитом маневренной мощности во всем регионе Центральной Азии, но физической взаимосвязью регионального «энергоскольца» (Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан), высокой степенью износа оборудования и отдельными случаями рассинхронизацией работы противоаварийной автоматики.

Из-за общей сети, аварии в отдельных странах, часто становились региональными. В XXI веке в ОЭС ЦА произошло несколько крупных системных аварий и серийных отключений, причем особенно показателен период после 2000 г., когда дефицит быстрого регулирования и резервной мощности стал сочетаться с перегруженными межсистемными ЛЭП. Маневренная мощность позволяет проводить быстрый ввод мощности (секунды–минуты) и обладает способностью удерживать частоту и компенсировать аварийные перетоки.

Причем Казахстан – ключевой элемент уязвимости региона, а юг страны наиболее уязвим. Южная зона Казахстана, регион с высокой плотностью населения и динамичным ростом нагрузки, традиционно энергодефицитна. Она имеет слабую собственную генерацию (несколько ТЭЦ и малых ГЭС) и критически зависит от поставок электроэнергии с севера и перетоков из ОЭС ЦА (из Кыргызстана/Узбекистана). Перегруз транзитных линий 500 кВ снижает динамическую устойчивость всей ОЭС ЦА.

На Юге Казахстана имеется высокая доля ВИЭ (солнечные станции) и слабая связь с севером где основная генерация. При этом отсутствуют сверхбыстрые накопители (SMES, суперконденсаторы, маховики), BESS, ГАЭС. Поэтому южный Казахстан – слабое звено. Это приводит к тому, что

когда в Узбекистане или Кыргызстане падает частота, Казахстан вынужден компенсировать перетоки, но у него недостаточно средств первичного регулирования и нет быстрого резерва, нет накопителей и нет ГАЭС, а значит и нет длительного резерва. Это приводит к падению частоты и в Казахстане. В итоге авария становится региональ-

но увидеть при регулировании частоты. Однако так как еще нет готового отчета по блекауту в ОЭС ЦА, то покажем это на примере заимствованном из литературы [7].

Сразу после такой аварии начинает падать частота. Процесс динамики изменения частоты и восстановления показан на рисунке.



ной. Таким образом когда в Узбекистане или Кыргызстане падает частота, Казахстан вынужден компенсировать перетоки, но в энергосистеме нет маневренной генерации и частота падает и в Казахстане.

Основные аварии в регионе ОЭС ЦА связаны с отсутствием: достаточного уровня маневренной мощности, системной инерции, первичного регулирования, быстрых накопителей, BESS, ГАЭС. Однако следует отметить, что отсутствие маневренной мощности обычно не является единственной первопричиной блекаута, но оно резко повышает вероятность перехода локальной аварии в каскадную.

Зная особенности энергосистем Казахстана и ЦА целесообразно теперь рассмотреть вопрос о том, что происходит в энергосистеме при локальной аварии или резкого дисбаланса между производством и потреблением электроэнергии из-за повреждения крупного объекта (отключении энергоблока или отключения ЛЭП).

Отметим, что при блекауте в любой энергосистеме механизм развития процесс идентичен. Физику процесса и механизм его развития лучше всего

Локальное возмущение переросло в каскадную аварию из-за накопленного дисбаланса между вводом новой генерации, развитием сетевой инфраструктуры, резервов мощности, систем противоаварийной автоматики и накопителей энергии. Изменение структуры генерации не было своевременно подкреплено необходимой трансформацией архитектуры энергосистемы – механизмами маневренности, управляемости и быстродействующего резервирования.

Одной из причин блекаутов является нехватка маневренных мощностей в первые моменты времени наступления аварии. Допустим отключился крупный энергоблок или произошло разделение сети. Появился дефицит $\Delta P = P_{нагрузка} - P_{генерация} > 0$. Энергосистема должна немедленно компенсировать этот дефицит. Но не вся установленная мощность электростанций является маневренной. АЭС, крупные ТЭС и часть других станций могут иметь огромную установленную мощность, но это не означает, что они способны в течение нескольких секунд увеличить выдачу на сотни мегаватт что необходимо энергосистеме.

Характеристика /Параметр	ТЭС (Уголь, Газ)	ГЭС и ГАЭС	Накопители энергии		
			BESS	CAES, LAES	Быстрые: Маховики, Суперконденсаторы, SMES
Время пуска из холодного резерва	ТЭС: 4-8 часов ПГУ: 1-2 часа	От 1 до 5 минут	Мгновенно	От 10 до 15 минут	Мгновенно
Скорость набора/сброса мощности	2-10 % от $P_{\text{ном}}$ в минуту	50-100% от $P_{\text{ном}}$ в минуту	100% за мил. сек	10-20% от $P_{\text{ном}}$ в минуту	Мгновенно
Время реакции на отклонение частоты	Секунды – десятки секунд	Секунды	< 100 мс	Секунды – минуты	< 20 мс
Регулировочный диапазон	От $P_{\text{мин}}$ до 100% $P_{\text{ном}}$	От $P_{\text{мин}}$ до 100%	От -100% до +100%	От -100% до +100%	От -100% до +100%
Длительность поддержания номинальной мощности	Постоянно при наличии топлива	Часы – месяцы	обычно 1-4 часа, реже до 8 ч	Часы – сутки (долгосрочное хранение)	Секунды – минуты

Сравнение маневренных качеств и участия в регулировании частоты

Отсюда для Казахстана важный вывод: для противодействия аварии важна не только установленная мощность энергосистемы, но и количество мощности, которая физически способна изменить свою выдачу в требуемое время.

И здесь появляется BESS, которые способны практически мгновенно перейти к сотни МВт выдачи без запуска турбины, разогрева котла. Но BESS не отменяет необходимость маневренной генерации. Накопители только закрывают быстрый дефицит, а маневренная генерация должна обеспечить длительное восстановление баланса.

В этой ситуации очень важна инерция энергосистемы. Инерция не компенсирует потерянную мощность. Но, она замедляет падение частоты и тем самым покупает энергосистеме время для ликвидации аварии.

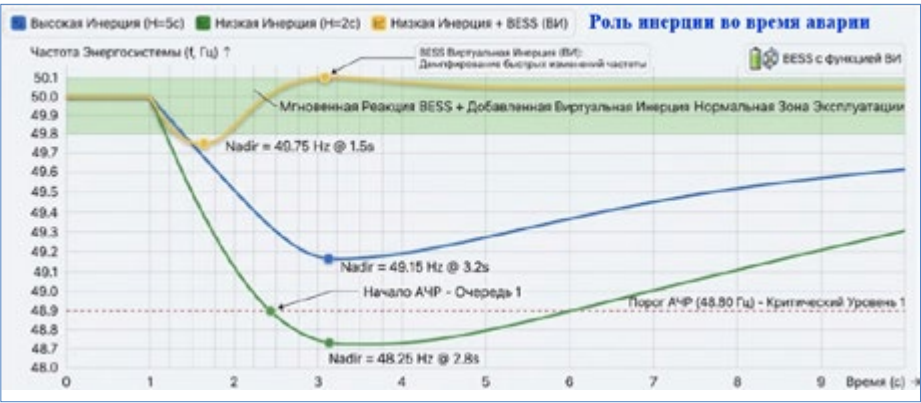
Инерция энергосистемы – это способность электрической сети противостоять быстрым изменениям частоты при внезапных возмущениях, таких как отключение крупных генераторов или резкие колебания нагрузки. Она создаётся вращающимися массами синхронных генераторов (турбин), которые хранят кинетическую энергию. Инерция определяет скорость изменения частоты и переходные отклонения частоты после аварийного возмущения.

Остановимся на этих проблемах более подробно.

Поведение реального синхронного генератора описывается уравнением движения ротора (уравнением качаний):

$$2H \cdot df/dt = \Delta P_m(t) - \Delta P_e(t) - D \cdot \Delta f(t),$$

где: H – постоянная инерции (секунды);
 $f(t)$ – частота сети;
 df/dt – скорость изменения частоты (RoCoF);



P_m, P_e – механическая и электрическая мощности;

D – коэффициент демпфирования;
 Δf – отклонение частоты от номинала ($f - f_{\text{ном}}$).

Для энергосистемы, состоящей из нескольких синхронных генераторов, эквивалентная постоянная инерции на выбранной базовой мощности определяется как:

$$H_{\text{сис}} = \sum H_i \cdot S_i / S_{\text{баз}},$$

где: H_i – инерция генераторов энергосистемы (с),

S_i – базовая мощность генератора.

Теоретически параметр постоянной инерции H определяется как отношение запасенной кинетической энергии $E_{\text{кин}}$ при синхронной скорости к номинальной полной мощности генератора $S_{\text{ном}}$: $H = E_{\text{кин}} / S_{\text{ном}}$.

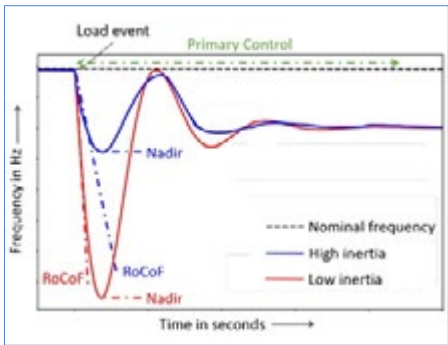
Он показывает, сколько секунд генератор мог бы работать на номинальной мощности, если бы вся его кинетическая энергия была израсходована.

При внезапном возникновении дефицита или избытка активной мощности вращающиеся массы синхронных машин автоматически обмениваются кинетической энергией с энергосистемой. При дефиците мощности роторы начинают замедляться, отдавая часть накопленной кинетической энергии в сеть. Это не устраняет аварийный дисбаланс, но временно ограничивает скорость изменения частоты. Сама инерция не устраняет аварию и не восстанавливает баланс мощности, но сдерживает процесс развития аварии. При большей инерции частота падает медленнее. Инерция создаёт время для срабатывания первичного регулирования, быстродействующих систем накопления энергии и противоаварийной автоматики. Влияние низкой и высокой инерции на восстановление частоты показано на рисунке. ▼

Инерция оказывает особенно сильное влияние на начальную скорость изменения частоты, тогда как минимальное значение частоты после возмущения определяется также первичным частотным регулированием, характеристиками нагрузки, быстродействующими резервами и другими динамическими процессами. Поэтому системная инерция выполняет несколько взаимосвязанных функций: ограничивает начальную скорость изменения частоты, уменьшает глубину и скорость развития первичного частотного возмущения, создаёт временной интервал для действия автоматических регуляторов и быстродействующих резервов и тем самым повышает устойчивость энергосистемы к крупным аварийным возмущениям.

Начальная скорость изменения частоты – RoCoF (Rate of Change of Frequency) – определяется производной частоты:

$$\text{RoCoF} = df/dt = -f_0 \cdot P_{\text{потери}} / 2H_{\text{сис}} \cdot S_{\text{баз}},$$



где: f_0 – номинальная частота системы (50 Гц),

P – внезапный дисбаланс мощности, $H_{\text{сис}}$ – постоянная инерции системы (в секундах),

$S_{\text{баз}}$ – номинальная общая мощность системы.

RoCoF измеряется в (Гц/с). На рисунке показана RoCoF нижняя точка до которой падает частота – «надир частоты» сразу после масштабной аварии.

Инерция системы влияет и на величину RoCoF, и величину надира (nadir), и на время до опасного снижения частоты, что показано на предыдущем рисунке.



При этом важно различать RoCoF и частотный надир, что показано на рисунке. ▲

При низком уровне инерции после потери крупного источника генерации падает частота и увеличивается величина RoCoF. Это может сокращать доступное время для срабатывания регулирования и при определённых условиях приближать систему к ограничениям по RoCoF, действию частотных защит и противоаварийной автоматики. Поэтому по мере снижения синхронной инерции возрастают требования к быстродействующим средствам частотной поддержки, включая быстродействующие накопители энергии и другие источники быстрого частотного отклика.

Отключение крупного синхронного генератора одновременно создаёт дефицит активной мощности, а так как он был источником синхронной инерции, то уменьшается суммарная инерция в системе и возрастает величина RoCoF. Причем, чем выше суммарная инерция энергосистемы, тем ниже скорость изменения частоты RoCoF.

Отметим, что маневренная мощность только указывает какими источниками можно компенсировать дефицит возникший в энергосистеме, а инерция – показывает сколько време-

зически вращающейся массы, жестко связанной с электрической сетью.

ВИЭ не имеют генераторов, и не имеют вращающихся масс. Большинство ВИЭ подключаются к сети через полупроводниковые инверторы, в которых нет механической связи с сетью и, соответственно, нет естественной инерции за счет вращающихся масс. Это приводит к снижению общей инерции энергосистемы (что отражено на рисунке при сравнении инерции возобновляемых и традиционных источников). ▼



Поэтому мощность системы увеличивается, а относительная доля синхронной инерции в энергосистеме уменьшается, что отрицательно влияет на устойчивость энергосистемы.

В энергосистемах с высокой долей ВИЭ (Дания, Ирландия, Австралия) уже наблюдаются ситуации, когда инерция падает до уровней, при которых классические механизмы регулирования становятся недостаточными. Европейская сеть операторов систем передачи электроэнергии (ENTSO-E) рассматривает снижение инерции в условиях роста доли несинхронной генерации как один из факторов долгосрочных рисков частотной устойчивости. Появилась необходимость разработки быстродействующих резервов.

Так как система может не дожидаться когда маневренная генерация должна компенсировать дефицит, то в условиях массового перехода на ВИЭ, для сохранения динамической устойчивости системы, появились новые технологии накопителей энергии. Они управляемы силовой электроникой и не только для компенсации непостоянства и непредсказуемости генерации ВИЭ, но и как средство создания виртуальной инерции.

Виртуальная инерция

В энергосистемах с высокой долей ВИЭ виртуальная инерция (Synthetic/Virtual Inertia) становится критическим инструментом стабилизации, а маневренная мощность выступает ее физическим и энергетическим фундаментом.

Виртуальная (синтетическая) инерция – это способность имитировать физическую инерцию вращающихся масс традиционных синхронных генераторов (ТЭС, ГЭС, АЭС) с помощью инверторов с быстрым управлением и накопителей энергии (BESS) или ВИЭ. Это управляемая реакция силовой электроники. Получается что физической вращающейся массы нет, но электрическая реакция может имитировать часть эффекта инерции.

Временные стадии первичного и вторичного регулирования частоты с поддержкой виртуальной инерции показаны на рисунке.

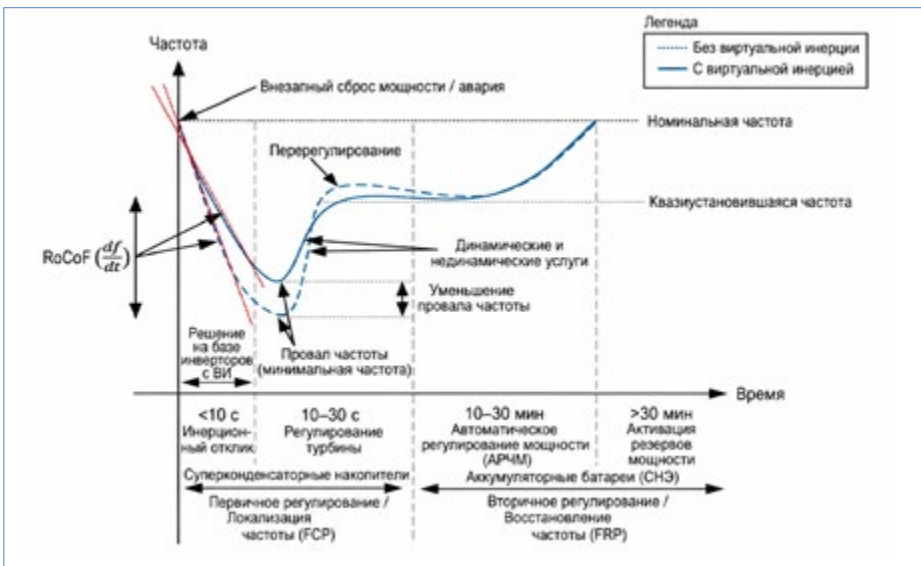
Однако заметим, что виртуальная инерция, являющаяся цифровым двойником обычной инерции и имитирующая поведение синхронного генератора с помощью силовой электроники и алгоритмов управления, не является полной физической заменой синхронной инерции. Это управляемая электрическая реакция, позволяющая существенно ускорить противодействие изменению частоты. Но виртуальная инерция не восстанавливает частоту сама по себе – она только помогает выиграть время.

Виртуальная инерция замедляет падение частоты при аварии (RoCoF), уменьшает глубину отклонения (величину надира), даёт системе «дополнительные секунды» для реакции что показано на рисунке. ►

Принцип виртуальной инерции заключается в том, что системный инвертор пропорционально df/dt в первые миллисекунды (0-500 мс) вводит или забирает активную мощность P как ответ на ее изменение, воспроизводя этот отклик $P = -K \cdot df/dt$,

где: K – коэффициент виртуальной инерции, df/dt – RoCoF.

Алгоритм управления задает лишь сигнал управления, но реальное демпфирование частоты требует физического запаса энергии и сверхбыстрой маневренной мощности. Без источника, способного мгновенно выдать эту мощ-



ность, расчетная виртуальная инерция останется математической абстракцией. Батареи в отличие от синхронных генераторов не имеют физической вращающейся массы но они через преобразователь с помощью алгоритмов управления инверторами могут быстро вводить/поглощать активную мощность и тем самым могут имитировать поведение синхронной машины, обеспечивая быстрый частотный отклик и являться источником виртуальной инерции. Это компенсирует снижение инерции за счет виртуального аналога.

Основные методы реализации виртуальной инерции
Инвертор измеряет частоту и её скорость изменения (RoCoF) и формирует отклик мощности так, как если бы он был вращающимся генератором.

Метод дифференцирования частоты (под инвертор Grid-Following – ведомый сетью).

Это метод быстрого управления частотой в электрической сети, при

котором накопители энергии реагируют не просто на отклонение частоты от нормы, а на скорость ее изменения (RoCoF). Измерительный блок непрерывно определяет частоту сети f и вычисляет производную df/dt . Формируется добавка к заданию активной мощности

$$\Delta P = K_{in} \cdot df/dt - K_p \cdot \Delta f,$$

где: K_{in} – коэффициент инерции, традиционные машины.

Достоинством метода является простота реализации в инверторах (Grid-Following). Однако при этом имеется небольшая задержка отклика (десятки миллисекунд).

Концепция виртуального синхронного генератора (инвертор Grid-Forming – задающий сеть).

Инвертор работает в режиме формирования сети (Grid-Forming), задавая собственное опорное напряжение $E \angle \theta$. Инверторный датчик измеряет текущую частоту сети f с помощью



системы фазовой автоподстройки частоты. В микропроцессорном контроллере инвертора программно закладывается уравнение качания реального ротора генератора и на основе полученного значения, отправляется задание на выдачу мощности ΔP . Реакция на изменение фазы и частоты сети происходит мгновенно ($t < 10^{-6}$ с), так как инвертор выступает источником напряжения за виртуальным импедансом.

Оба метода обеспечивают ультра-быстрое первичное регулирование. Батареи могут выдавать мощность за миллисекунды – намного быстрее, чем механические генераторы. За счет чего поддерживается частота при авариях. Накопители обеспечивают резкий выброс мощности при падении частоты, стабилизируя систему.

Виртуальная инерция создает целый ряд дополнительных преимуществ для энергосистемы, так как ее реакция в миллисекундах – быстрее любой турбины, что, за счет снижения ROCOF, естественно повышает и устойчивость.

Причем гибкость системы, а именно параметры «массы» и «демпфирования» можно программно задавать. Виртуальная инерция обеспечивает возможность работы в полностью инверторных системах.

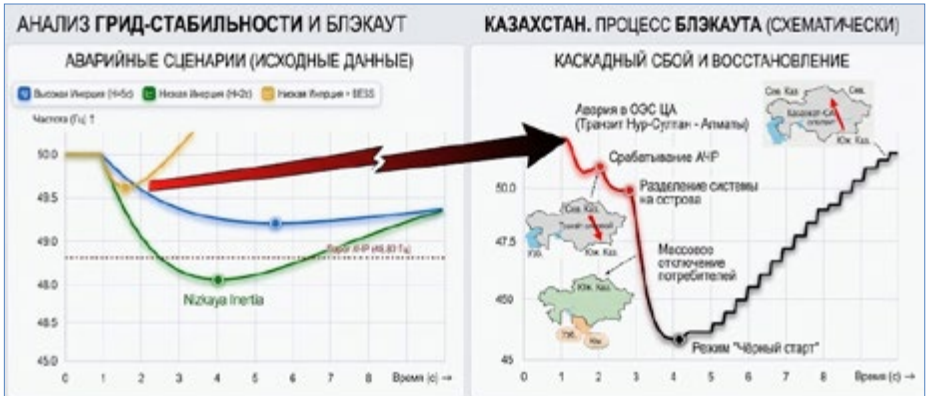
Источник	Принцип выдачи энергии	Особенности
BESS (Аккумуляторы)	Мгновенный разряд/заряд инвертором	Наиболее распространенное и гибкое решение с высоким ресурсом по пиковой мощности
Ветроустановки (ВЭУ)	Извлечение кинетической энергии вращающихся лопастей	Замедление ротора ВЭУ на 2-5 секунд с последующей фазой восстановления скорости
DC-звено инверторов	Использование энергии конденсаторов звена	Ограничено малой энергоемкостью конденсаторов (доли секунды)
Сверхпроводящие накопители/ Суперконденсаторы	Высокоскоростной импульсный энергообмен	Минимальное время отклика (< 5 мс), высокая удельная мощность

Источники энергии для виртуальной инерции

Механизм	Что делает	Временной масштаб	Главная задача
Физическая инерция	замедляет изменение частоты	первые мгновения	уменьшить RoCoF
Виртуальная инерция / FFR	очень быстро меняет мощность	десятки-сотни мс, секунды	остановить ухудшение частоты
Маневренная мощность	длительно увеличивает генерацию	секунды-минуты	восстановить баланс

Сравнительная таблица механизмов влияющих на сохранение динамической устойчивости системы

Рисунок внизу ▼ характеризует процесс блэкаута в Казахстане. Связь инерции с частотой отображена на левой стороне рисунка. При высокой инерции Н частота проваливается с меньшей скоростью и значительно меньше (надир выше), а при низкой инерции она быстро и глубоко проваливается (надир ниже). Виртуальная инерция при наличии накопителей энергии могли бы способствовать уменьшению провала чистоты и более быстрому восстановлению нормального режима. Однако накопители энергии в энергосистеме отсутствовали и маневренной мощности не хватило. Это привело к процессу блэкаута показанному справа.



Из рисунка процесса блэкаута ясно, что после возмущения связанного с потерей мощности наступает падение частоты с резким изменением

скорости (ROCOF). Это приводит к работе средств регулирования частотой, срабатыванию устройств автоматики, отключению нагрузки/генерации, нарушению перетоков и может каскадно развиваться и вызвать частичный или полный коллапс. После чего должно следовать восстановление.

Последний блэкаут в ОЭС ЦА и масштабный системный инцидент 25 января 2022 года продемонстрировали классический сценарий каскадного развития аварии: мгновенный дефицит мощности, резкий наброс перетоков на межсистемные связи транзита «Север – Юг Казахстана», превышение предела статической и динамиче-

ской устойчивости, работа противоаварийной автоматики на деление и последующий лавинообразный сброс частоты на выделившихся энергорайонах.

Кстати заметим, что за месяц до этого блэкаута в [23] рассматривая вопрос в вопросе технологической трансформации энергетического сектора Казахстана, уже указывали что традиционная угольная генерация страны сталкивается с жесткими ограничениями по гибкости. Отмечалось, что интеграция современных парогазовых установок и систем накопления энергии в единый цифровой контур управления способна решить проблему энергодифицита и заложить фундамент подлинной энергетической независимости Казахстана до 2035 года. Не разбирая весь процесс этого блэкаута, так как результаты его анализа еще не опубликованы, тем не менее уже ясно, что наличие достаточной инерции и быстродействующих резервов могли бы удержать частоту, цепочку его развития и предотвратить лавинообразное отключение линий.

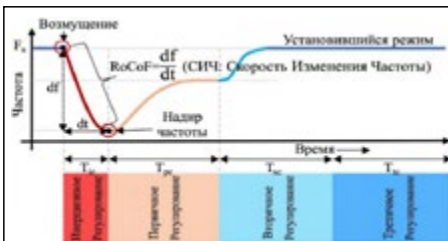
Динамика процессов регулирования частоты в энергосистеме

Весь процесс регулирования частоты в энергосистеме при благоприятной аварии можно разделить на 4 этапа. На первом из них за очень короткий промежуток времени (~100 мс) работает синхронная и виртуальная инерция, на втором за период 1-2 сек осуществляется первичное регулирование, на третьем (10-30 сек) вторичное регулирование и наконец на последнем за период 15-30 мин частота восстанавливается.



Временная шкала в регулировании частоты

Накопитель как элемент виртуальной инерции способен воздействовать не на первопричину, но на каждое из звеньев этой цепочки. Это показано на рисунке. А в таблице приведены типы наиболее эффективных накопителей, которые могут повлиять на стадию этого процесса.



Время после аварийного события	Основная задача	Наиболее эффективные накопители
0–1 с	остановить RoCoF	SMES, суперконденсаторы, маховики
1–30 с	удержать частоту, предотвратить срабатывание защит	BESS + очень быстрые ESS
30 с–15 мин	восстановить баланс мощности	BESS, ГПА/ГТУ, ГЭС
15 мин–несколько часов	длительное восстановление	BESS большой ёмкости, ГАЭС, LAES, ГТУ/ГПА

Накопители энергии для Казахстана

Накопители обусловили неразрывную связь с ВИЭ как в нормальных, так и в аварийных режимах. Причем эта связь ВИЭ и накопителей критически необходима в обоих режимах, но в каждом из них они решают принципиально разные задачи. И если в нормальных режимах связь ВИЭ и накопителей обеспечивает экономическую выгоду и базовую стабильность, то в аварийных режимах острота необходимости накопителей еще больше возрастает, так как в этих условиях они работают как «подушка безопасности» для выживания энергосистемы.

В энергосистеме Казахстана системы накопления энергии (ESS СНЭ) нужны в первую очередь для балансировки переменной генерации ВИЭ, по-

и электромагнитных систем). Причем накопитель может выполнять часть функций синхронного генератора значительно быстрее и гибче, хотя он не заменяет его.

NREL (National Renewable Energy Laboratory США) фактически разделяет задачи накопителей на три временные зоны: секунды-минуты – регулирование частоты и операционные резервы; минуты-около часа – аварийный/переходный резерв; часы – обеспечение мощности и энергоснабжения. Причем в соответствии с их концепцией короткие по длительности системы накопления энергии используются для обеспечения оперативных резервов, которые системный оператор может задействовать за короткое время для балансировки производства и потребления, и на те, которые

обеспечивают быстрый частотный отклик. Это накопители энергии, которые мгновенно, менее чем за 1 секунду, изменяют мощность или энергию при резком скачке или падении частоты.

Участие разных типов накопителей энергии в ликвидации аварии в энергосистеме

1. Быстродействующие накопители

Быстродействующие накопители (сверхпроводящий магнитный накопитель, суперконденсаторы, маховики и BESS) для начальной стабилизации (секунды-минуты) используются сразу после наступления аварии, когда нужно быстро восстановить частоту и напряжение.

Технология	Типичное время реакции	Основная функция
SMES	мс	мгновенная мощностная поддержка, RoCoF
Суперконденсаторы	мс-с	очень быстрый импульс мощности
Маховики	мс-с	инерционная/частотная поддержка
BESS	десятки мс-с	FFR, первичное регулирование, резерв

Сверхпроводящий магнитный накопитель (SMES)

Сверхпроводниковый индуктивный накопитель (СПИН, англ. Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES) – это устройство для хранения электрической энергии в магнитном поле, создаваемом постоянным электрическим током, протекающим через катушку из сверхпроводящего материала. Поэтому практически отсутствует электромеханическая задержка: накопитель может обеспечить сверхбыстрый отклик (в пределах 2-4мс) и очень быстро изменить мощность. Его сильная сторона – первые циклы аварии и подавление RoCoF. SMES наиболее эффективен в первые мгновения аварии.

Это первая линия обороны блэкаута. Основная функция – это мгновенная стабилизация частоты и напряжения. Он подавляет пусковые токи и поддерживает опорное напряжение. SMES выступает идеальным буфером, мгновенно сглаживая колебания ветра и солнца в режиме реального времени. SMES особенно подходит для обеспечения транзитной устойчивости, стабилизации сети и очень быстрого регулирования. Он играет критически важную стабилизирующую роль в предотвращении каскадных аварий и ликвидации последствий тотального отключения электричества (блэкаута). SMES сглаживает переходные дина-

мические процессы и низкочастотные колебания в межсистемных линиях передач. Недостаток – относительно небольшая энергоёмкость и высокая стоимость.

Суперконденсаторы (EDLC)

Суперконденсаторы – это накопители для чрезвычайно быстрого импульса (возможен субмиллисекундный отклик) очень большой мощности но небольшой продолжительности. Они полезны для очень коротких провалов мощности и компенсации быстрых колебаний. Суперконденсаторы – защита первых миллисекунд-секунд. Суперконденсаторы обладают ещё большей удельной мощностью, чем многие батарейные системы. Они идеальны для мгновенного сглаживания провалов напряжения, для мгновенного демпфирования переходных процессов до того, как более медленные системы успеют среагировать. Однако для крупного системного блэкаута их слабое место очевидно: маленькая энергетическая ёмкость.

Маховик

Маховики (Flywheels) физически хранят кинетическую энергию, обеспечивая почти мгновенный отклик без электрохимических ограничений и являясь очень быстрым источником мощности. Маховик занимает промежуточное положение между суперконденсатором и батареей. Он способен очень быстро отдавать мощность и работать в многочисленных циклах. Поэтому особенно полезен в диапазоне секунд – нескольких минут. Лучше всего подходят для: стабилизации частоты, обеспечения кратковременной мощности для перехода к более длительным источникам. Их особое достоинство при любой аварии многократно отдавать и принимать мощность без существенного циклического износа. На их базе в США в 2010 г в северной части штата Нью-Йорк в Стивентауне появилась первая буферная электростанция на маховиках мощностью 20 МВт.

Li-ion BESS

Литий-ионная революция (за десятилетие цены упали почти в девять раз) открыла путь к распределённым модульным системам хранения, которые можно быстро внедрять и динамически управлять ими. Поэтому Li-ion BESS являются наиболее универсальным элементом, который может исключительно эффективно работать и

на коротких и на относительно длинных промежутках времени [26].

Если SMES, суперконденсаторы и маховики – это «первая помощь», то BESS является основным рабочим инструментом аварийного управления. Суперконденсатор берёт на себя первые миллисекунды, а батарея – последующие секунды-минуты. Современные BESS способны реагировать за миллисекунды и работать от нескольких минут до нескольких часов. Быстрые батарейные системы (Li-ion BESS) – способны обеспечить синтетическую инерцию и первичный резерв в секундном диапазоне. Их главное преимущество перед SMES и суперконденсаторами это значительно больший энергетический запас. Поэтому BESS может сначала остановить падение частоты, а затем продолжать выдавать мощность уже в процессе восстановления. Они подходят и для кратковременной поддержки нагрузки и для переноса энергии во времени, и для первичного регулирования частоты, и предотвращения каскадного отключения и могут оказать немалую помощь и при «черном старте».

2. Среднесрочные накопители для восстановления работы сети (минуты-часы)

Используются после первичной стабилизации, для восстановления работы сети когда нужно поддерживать сеть до включения генераторов.

BESS большой мощности

Литий ионные аккумуляторные батареи BESS большой мощности (Li ion, LFP) обеспечивают питание от десятков минут до нескольких часов. Они характеризуются высокой энергоёмкостью, стабильной отдачей мощности, способны поддерживать сеть в течение длительного восстановления и обеспечивать резервное питание критичных систем.

Железо фосфатные батареи (LiFePO₄ или как их иногда называют LFP) сегодня стали одним из ключевых типов накопителей в мировой энергетике благодаря высокой безопасности, большому ресурсу и низкой стоимости. Их применение стремительно растёт в сетевой энергетике и промышленности. Они отлично держат длительные циклы, безопасны и подходят как для работы в нормальном режиме, так и при блэкауте, однако имеют умеренную энергоёмкость и хуже работают при сильном морозе.

Новое направление – натрий-ионные аккумуляторы (Na-Ion) выходят из стадии лабораторных НИОКР в фазу масштабного промышленного развертывания именно в секторе стационарной энергетики (BESS). Они практически по всем энергетическим характеристиками аналогичны Li-ion, но дешевле и безопаснее. В них отсутствуют литий, кобальт и никель, а медный анодный токоосъемник заменен на алюминиевый, что снижает себестоимость чячек.

ГАЭС

Не столь быстрый накопитель, как электронный BESS, но обладает огромной энергоёмкостью. Поэтому его преимущество проявляется тогда, когда авария переходит из проблемы «секунды» в проблему «минуты и часы». ГАЭС – главный накопитель для десятков минут и часов. ГАЭС принципиально отличается от SMES/BESS. Она не столь быстра, зато способна выдавать сотни МВт и ГВт в течение нескольких часов. Главная функция ГАЭС – это длительное аварийное энергоснабжение. BESS удерживает систему, а ГАЭС принимает на себя длительную нагрузку. ГАЭС особенно ценна после того, как BESS уже стабилизировала частоту.

3. Накопители для долгосрочного хранения энергии

Они используются для поддержания системы до полного запуска генерации и полного восстановления энергосистемы (часы-сутки).

ГАЭС

ГАЭС мощностью сотни МВт – ГВт способны обеспечить длительность работы : 6-20 часов с эффективностью 70-85 %. Это лучший вариант для длительной работы при блэкауте, Они могут обеспечивать «черный старт» крупных электростанций.

CAES

CAES – это накопители энергии на сжатом воздухе. Подходят для длительного резервирования энергии. Могут иметь мощность сотни МВт, обеспечивать длительность работы 8-24 часа. Однако они требуют особые геологические условия (камеры хранения).

LAES

LAES (Liquid Air Energy Storage) это криогенный накопитель о целесообразности использования которых в энергосистеме Казахстана мы уже писали

[27]. Его преимущество это возможность сочетать большую энергетическую ёмкость и относительно высокую мощность при длительном хранении, причем в отличие ГАЭС их можно размещать в любом месте независимо от географических условий района.

LAES оказываются наиболее эффективными на стадии блэкаута от 30 минут до нескольких часов. Поэтому LAES может принимать на себя функцию после того, как сверхбыстрые накопители уже выполнили свою работу. Он значительно менее эффективен для первых миллисекунд аварии, чем SMES/BESS. Обычно LAES всегда очень эффективны при длительной работе.

Проточные батареи

Проточные батареи (или проточные редоксные батареи, RFB) – это электрохимические накопители энергии, в которых запас электроэнергии находится в жидких электролитах, хранящихся в отдельных внешних резервуарах. Преимущество их заключается в том, что мощность и энергия относительно независимо масштабируются.

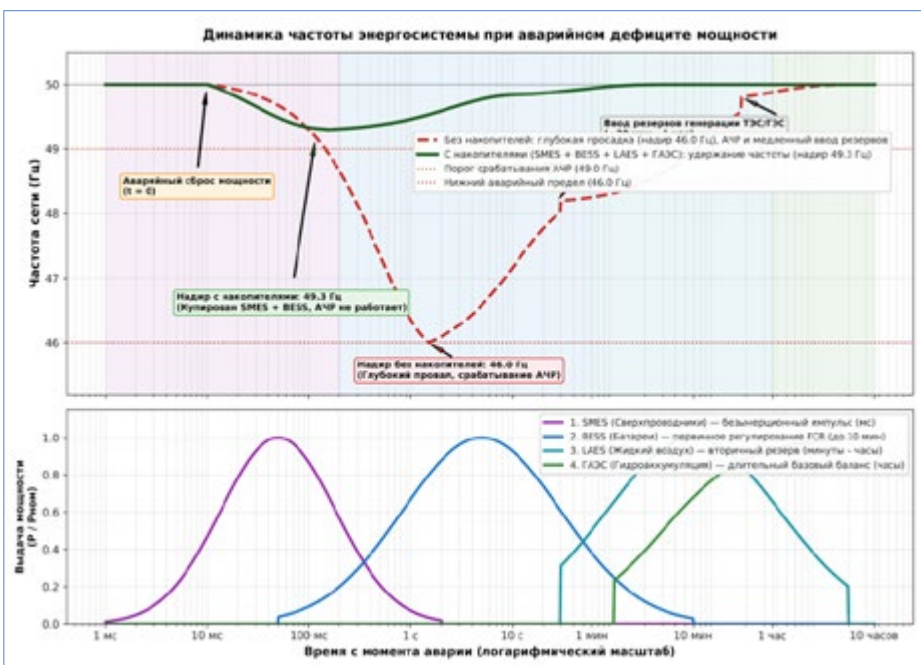
Поэтому они интересны для 4-12 часов работы для сглаживания ВИЭ, аварийного резерва, длительной поддержки островных режимов. В сравнении с Li-ion они менее привлекательны для экстремально быстрого реагирования, зато потенциально интересны для многократных длительных циклов.

Главное различие между накопителями состоит в том, что SMES и суперконденсатор не дают блэкауту начаться. BESS не дают ему развиваться. Маховики стабилизируют переходный процесс. ГАЭС и LAES не дают стабилизированной системе снова «упасть» из-за длительного дефицита мощности.

Работа накопителей энергии при аварии в энергосистеме

BESS длительностью 2–4 ч, а для ряда системных задач 4–8 ч, может стать основным быстро реагирующим накопителем для аварийного резервирования и начального этапа восстановления энергосистемы.

Учитывая, что после аварии нужно не только выдать мощность, но и удерживать её достаточно долго, пока восстанавливаются линии, подключаются электростанции, запускаются ГТУ/ГПА, формируются образовавшиеся острова, восстанавливается нагрузка, синхронизируются районы.



На Рисунке ▲ показано временное участие разных типов накопителей энергии при авариях.

BESS может обеспечивать электрическую поддержку значительной части этих процессов, прежде всего баланс мощности, частоту, напряжение и питание собственных нужд, но не заменяет соответствующие системы автоматики, генерации и диспетчерского управления.

Хотелось бы отдельно остановиться на роли накопителей энергии при появлении АЭС.

Здесь открывается очень много интересного и нового и для АЭС, и для накопителей. И это может сыграть двойную роль для энергетики страны, но объем статьи не позволяет это сделать. Поэтому надеюсь отразить этот вопрос в следующей статье.

ГАЭС

О роли ГАЭС для обеспечения нормальных режимов в энергетике Казахстана мы уже писали [21]. В нормальном режиме ГАЭС сможет помочь АЭС и обеспечить длительное перемещение ее ночной энергии. А днем будет решать проблемы пиковой нагрузки.

Однако ГАЭС может стать одним из ключевых элементов длительного аварийного восстановления энергосистемы Казахстана благодаря сочетанию большой мощности, значительной энергоёмкости и возможности быстрого изменения режима.

Во время аварии роль ГАЭС значительно меняется. И здесь важно, что ГАЭС одновременно и выдает

большую мощность во время аварии и продолжает выдачу этой мощности часами при восстановлении режима. Энергоёмкость ГАЭС в этих условиях приобретает особую значимость для восстановления режима. Поэтому совместная работа ГАЭС и BESS является идеальной комбинацией, где BESS отвечает за секунды и первые минуты, а ГАЭС – за десятки минут и часы.

Во время крупной аварии обычно последовательность SMES и BESS останавливают падение частоты, а ГАЭС быстро принимает на себя дефицит, а ТЭС и ГТУ постепенно восстанавливают обычный резерв, возвращая энергосистему к нормальному базовому режиму. Особенно важно, что ГАЭС может быть частью архитектуры «черного старта». IEA прямо относит их к технологиям, способным обеспечивать «черный старт», быстрый запуск, регулирование и резерв и восстановление, хотя конкретная возможность зависит от конструкции станции. Причём для восстановления особенно важны способность быстро менять мощность, обеспечивая частотную устойчивость, и расположение их относительно сети. Для Казахстана ГАЭС может быть особенно ценна при размещении ее вблизи крупных центров нагрузки и дефицитных южных районов, крупных ВИЭ и будущей АЭС. Поэтому предполагаемое размещение ГАЭС в Алматинской области представляется перспективным с точки зрения близости к крупным центрам нагрузки, южным перетокам и перспективным

объектам ВИЭ. Окончательная целесообразность должна определяться расчетами потокораспределения, аварийной устойчивости и стоимости.

LAES

Главная задача LAES при аварии – это обеспечить длительное удержание восстановленной системы. LAES может быть эффективен на стадии от десятков минут до нескольких часов и далее, особенно когда требуется длительная выдача мощности при ограниченной возможности использования BESS из-за его энергетической емкости.

Поэтому LAES может принимать на себя функцию после того, как сверхбыстрые накопители уже выполнили свою работу. LAES значительно менее эффективен для первых миллисекунд аварии, чем SMES/BESS. Однако с увеличением длительности работы эффективность LAES возрастает. LAES также полезен, если крупная генерация ещё не полностью введена и восстановление затягивается. Тогда LAES может продолжить поддерживать систему.

Проточные батареи – хороший резерв для длительной поддержки

Их преимущество – возможность относительно независимо масштабировать мощность и энергию. Они способны до 4–12+ ч обеспечивать и локальное питание и длительный резерв. Но для аварийного восстановления всей ЕЭС ее уровень ниже BESS и ГАЭС. Потому, что BESS лучше приспособлены к быстрому управлению мощностью, а ГАЭС – к очень большой мощности и длительной выдаче.

Таким образом разные технологии накопления энергии могут принимать взаимодополняющее и последовательное участие в ликвидации любой аварии в энергосистеме Казахстана.

Нормативная база

Накопление энергии становится все более важной частью национального рынка электроэнергии согласно последним прогнозам, а в будущем роль накопителей будет еще больше возрастать. Это требует изменения нормативно-правовой базы Казахстана для поддержки рынка в процессе его трансформации.

В действующих на сегодня Законе РК «Об электроэнергетике» № 588-III (с изменениями от 07.07.2026 г.), и в Правилах организации оптового рынка электрической энергии (приказ Минэнерго № 106 от 20.02.2015 г., ре-

Параметр / Функция	Синхронные генераторы (ТЭС/ГЭС)	Накопители энергии (СНЭ различных типов)	Преимущество СНЭ
Время отклика	2-15 с (ГЭС), 10-60 с (ТЭС),	10-50 мс (Li-ion, SMES, суперконденсатор, <1-2 с (маховики, проточные аккумуляторы)	На порядки быстрее: локализация аварийного небаланса до срабатывания АЧР/деградации частоты
Диапазон регулирования мощности	Однонаправленный (от P_{min} до $P_{ном}$); разгрузка ниже технического минимума невозможна без останова	Двухнаправленный (от P_{min} до $P_{ном}$); диапазон равен $2 \times P_{ном}$	Двойной рабочий диапазон: один блок СНЭ заменяет вдвое большую разгрузочно-нагрузочную мощность генератора
Потери в режиме ожидания резерва	Расход топлива на холостом ходу, вращающийся резерв снижает КПД станции	Практически нулевой расход на собственные нужды в состоянии горячего резерва (за исключением криогеники)	Отсутствие затрат первичного топлива: резерв мощности без сжигания газа/угля вхолостую
Инерционный отклик и dF/dt	Естественная физическая электромагнитная инерция ротора ($H = 2 - 8$ с)	Синтетическая / виртуальная инерция (GridForming Inverters) либо маховики	Программируемый отклик: возможность задавать демпфирование и виртуальную массу без механических резонансов
Режим 4 квадрантов (P-Q)	Выдача/потребление Q зависит от текущей активной мощности P и кривой P-Q допустимой мощности	Независимое управление активной (P) и реактивной (Q) мощностью через четырехквадрантные инверторы	Полная развязка P и Q: компенсация реактивной мощности даже при нулевом заряде батарей
Экология и расход ресурса	Резкие циклические колебания мощности вызывают термоусталость турбин и скачки выбросов NO_x/CO_2	Отсутствие прямых локальных выбросов; износ не связан с тепловой усталостью металла	Ресурс турбин: снятие с синхронных генераторов динамических

Общая таблица сравнительного анализа систем накопления энергии и синхронных генераторов

Тип накопителя	Время отклика	Длительность разряда (Т)	КПД (RTE*, %)	Срок службы (циклы / годы)	Ключевая роль при блэкауте
Сверхпроводящий магнитный накопитель SMES	мкс-мс	обычно сек. - мин	90 - 95	практически неограниченное	сверхбыстрый отклик (в пределах 2-4 мс), демпфирование колебаний. При ликвидации блэкаута обеспечение черного пуска
Суперконденсаторы (EDLC)	<10-20 мс	секунды - 2 мин	85-95	> 1млн / 15-20 лет	мгновенный сброс/набор мощности, демпфирование RoCoF
Маховики (FES)	< 50 мс	15 сек - 15 мин	80-90	> 200 000 / 20+ лет	физическая/виртуальная инерция, стабилизация первичной частоты
BESS (Li-ion, LFP/NMC)	20-100 мс	1 - 4 (до 8) ч	85-92	3 000 - 7 000 / 10-15 лет	опорное напряжение (Grid-forming), Black Start крупных станций
Проточные батареи (VRFB)	< 100 мс	4 - 12 ч	65-75	> 15 000 / 20+ лет	автономное питание энергоостровов, масштабирование емкости баками
ГАЭС (PHS)	1 - 3 мин	6 - 24+ ч	70-82	Неограниченно / 50+ лет	массовый Black Start системного уровня, покрытие базовой нагрузки
Сжатый воздух (CAES/ LAES)	3 - 10 мин	4 - 24 ч	50-70	> 10 000 / 30+ лет	длительное LDES- резервирование энергосистем
Воздух (P2G + T2)	минуты - часы	дни - недели	30-45	10 000 - 20 000 ч (стек)	сезонный и многодневный стратегический резерв

Сравнение накопителей по основным параметрам RTE* – это показатель эффективности накопления энергии

гулярно обновляется), и в Правилах формирования балансирующего рынка электрической энергии не содержится отдельного правового требования о накопителях. Накопитель не выделен как самостоятельная категория участника рынка, что и создает весь спектр проблем, разбираемых ниже.

Однако Казахстан уже сделал важный первый шаг в этом направлении. Уже есть определение системы энергии и внесено понятие о система накопления электрической энергии и его предназначении в Законе «О под-

держке использования возобновляемых источников энергии» (№ 165-IV от 04.07.2009) [30], в действующих Электросетевых правилах прямо предусмотрено восстановление частоты с использованием мощности и ёмкости систем накопления, а в Правилах технической эксплуатации электростанций и сетей накопители уже упоминаются при регулировании частоты. Сообщается, что Казахстан примет закон о системах накопления энергии и концепцию развития зеленой энергетики [31].

Для полноценной работы рынка и инвестиционной модели накопители должны иметь право одновременно получать доходы от ключевых услуги и коммерческой стратегии их использования. Это чрезвычайно важный принцип.

Казахстану сейчас уже недостаточно просто «внести накопители в законодательство».

Мы уже видели что накопители способны предотвратить отключение не только отдельного промышленного предприятия, но и каскадное отключение, потерю ВИЭ, нарушение частоты, дефицит резерва и способствовать созданию механизма обеспечению долгосрочной надежности [32]. Это именно то, чего сегодня больше всего не хватает Казахстану. Но, за надежность надо платить. Для развития накопителей надо платить и инвестору. Инвестор BESS не может рассчитывать только на покупку дешёвой энергии и продажи дорогой. Потому что тогда часть системной ценности накопителя (а именно это самое полезное свойство накопителя) и предотвращённый ущерб, вообще не оплачивается.

Поэтому для совершенствования нормативно-правовой базы использования системы накопления энергии в Казахстане необходимо принять комплекс мер по образцу ведущих стран (США, Австралия, ЕС/Великобритания, Индия, Германия), с учётом текущей ситуации в стране.

Международные обзоры показывают: ключевые драйверы развития BESS – налоговые кредиты (США), субсидии и льготное финансирование (ЕС, Китай, Индия, Австралия), а также жёсткие сетевые требования к устойчивости и быстродействию.

Целесообразно, по моему мнению, по опыту Китая [38], на долю которого уже приходится более половины мировых мощностей систем накопления энергии на аккумуляторах, переходить от экстенсивного роста отрасли к повышению эффективности уже созданной инфраструктуры. В Китае в 2024 г. приняли «Национальный регламент о технологиях развития энергетики».

Считаю целесообразным разработать и **создать отдельный целостный нормативно-правовой блок систем накопления энергии**, который определяет их статус, рынок, технические требования, оплату системных услуг и использование в аварийных режимах.

Сначала **необходимо юридически определить статус накопителя**. Сегодня непонятно чем же является накопитель – это либо источник – генератор, либо потребитель. Надо признать, что накопитель это самостоятельный участник электроэнергетического рынка, способный выполнять обе эти функции.

Именно такой подход позволил США создать отдельную модель участия накопителей в оптовом рынке. Федеральная комиссия по регулированию энергетики США в документе FERC Order 841 потребовала устранить барьеры для участия накопителей одновременно в рынках энергии, мощности и вспомогательных услуг [38] и юридически выделить накопитель в самостоятельную категорию, участника оптового рынка. При этом он должен иметь право покупать и продавать электроэнергию, участвовать в балансирующем рынке, предоставлять резерв мощности, регулировать частоту (за счет предоставления возможности первичного и вторичного регулирования), участвовать в аварийном резерве. Подобное было сделано и в Австралии [39] и в других странах.

Создать отдельный рынок услуг по регулированию частоты. Отдельный рынок услуг по регулированию частоты есть в Великобритании [40, 41].

Услуга	Требуемая скорость	Кто может предоставлять
очень быстрый частотный отклик	<1 с	SMES, суперконденсатор, маховики, BESS
быстрый частотный отклик	1–5 с	BESS
первичное регулирование	секунды	BESS, генераторы
вторичное регулирование	десятки секунд–минуты	BESS, ГТУ, ГПА, ГЭС
третичное регулирование	минуты–десятки минут	BESS, ГТУ, ГАЭС, LAES
восстановительный резерв	десятки минут–часы	BESS, ГАЭС, LAES, ГПА

Сейчас в Казахстане услуги регулирования мощности/частоты существуют как системные и вспомогательные услуги. Действующие правила предусматривают первичный резерв, постоянный резерв и резерв замещения. Однако для BESS этого недостаточно. Необходимо создать отдельные продукты. И **каждый продукт должен иметь отдельную цену**.

Ввести оплату не только за МВт·ч, но и за готовность мощности

Нужно создать: «Услугу обеспечения восстановления энергосистемы с использованием систем накопления» и оплачивать готовность и фактическое использование.

Это совсем иная модель когда накопитель получает деньги только за

МВт·ч. Обычно это не одна универсальная «плата за накопитель», а оплата нескольких составляющих системной услуги, которые вместе вознаграждают именно готовность и качество регулирования, а не просто отпущенную энергию МВт·ч. Должны оплачиваться отдельно: энергия тенге/МВт·ч, мощность тенге/МВт-месяц или МВт-год, готовность резерва тенге/МВт·ч, фактическая активация тенге/МВт·ч, и выплачиваться отдельная премия за быструю частотную реакцию и быстрое регулирование, точность выполнения команды и автономность

Это принципиально важно для окупаемости накопителей. Именно это превращает накопитель из простого объекта арбитража в элемент инфраструктуры надёжности.

При таком подходе для накопителя участвующего в регулировании частоты отдельно оплачивается та энергия которую накопитель действительно произвел и потребил, за мощность оплачивается общий объем мощности которую накопитель выдал в сеть за текущий период при выполнении команды системного оператора, за резервную мощность оплачиваются мощности накопителей присутствующих на отдельных рынках резервов, за фактическую активацию производится оплата за реально выпол-

ненное фактическое регулирование, а точность выполнения команды учитывается через параметры качества выполнения сигнала.

Эта модель монетизации уже существует. Причём наиболее развитые примеры есть в США и Великобритании. А наиболее близкая к перечисленному это рынок компании PJM Interconnection, которая является региональным системным оператором и отвечает за функционирование оптового рынка электроэнергии, мощности и системных услуг на части или всей территории 13 штатов США и округа Колумбия, на котором имеются промышленные системы накопления энергии на базе аккумуляторных батарей (BESS). Она наиболее полно и законодательно за-

Страна / регион	Нормативный акт / политика	Краткое содержание
США Федеральный уровень	Inflation Reduction Act, 2022 – ITC/PTC для накопителей [35]. FERC Order No. 841 (2018) [33] FERC Order No. 2222 (2020) [34]	- Установил автономный инвестиционный налоговый кредит до 30–50 % для систем накопления энергии без обязательной привязки к солнечным или ветровым станциям; дал возможность участия их в рынках энергии и услуг. - Обязал системных операторов разработать рыночные модели участия СНЭ в оптовых рынках электроэнергии, мощности и системных услуг на равных правах с генерацией. Установлен минимальный порог участия в 100 кВт. - Разрешил агрегаторам распределенных энергетических ресурсов, включая распределенные накопители за счетчиком участвовать в оптовых рынках электроэнергии.
Европейский союз	EU Green Deal Industrial Plan, инициативы по BESS. Electricity Directive 2019/944 (Clean Energy Package) [36]	BESS включил их в перечень «зелёных» технологий, поддерживаемых субсидиями и налоговыми льготами; идёт работа по упрощению разрешительных процедур и интеграции накопителей в рынки услуг. Законодательно определил понятия система накопления энергии. Запретил двойное налогообложение. Определил тарифы при заряде и выдаче энергии. Дал ограничение на владение СНЭ операторам и предоставил приоритет рыночным участникам.
Великобритания	Capacity Market, CfD и участие BESS	Разрешил BESS участвовать в рынке мощности и получать доход за резервирование мощности и услуги балансировки и дал широкую возможность интеграции их в схемы для ВИЭ.
Германия	Программы KfW для хранения энергии	Льготные кредиты и субсидии для домашних, коммерческих и промышленных систем хранения; стимулируют установку BESS вместе с ВИЭ и в сетевой инфраструктуре.
Индия	Energy Storage Obligation (ESO)	Обязывает распределительные компании закупать часть мощности/энергии из систем хранения, тем самым создавая гарантированный спрос на BESS.
Китай	Постановление NDRC/NEA № 514 (2021) (2022) Мандаты NEA по обязательному хранению для новых ВИЭ-проектов	Требование обязательного оснащения новых СЭС/ВЭС накопителями (обычно 10–20 % от мощности на 2–4 часа), правила участия независимых накопителей в оптовом рынке и услугах вторичного регулирования частоты. Национальное энергетическое управление требует включать накопители в новые проекты ВЭС/СЭС; BESS участвуют в пиковом регулировании и услугах сети.
Австралия	AEMC Rule: Integrating energy storage systems (IESS) (2021/2024) ARENA + программы штатов (Victoria, South Australia) [37].	Создал универсальную систему категории участника рынка в рамках правил национального рынка, позволяющей СНЭ участвовать в рынках регулирование частоты без конфликта учетных статусов. Обновил сетевые требования позволяющие BESS официально оказывать услуги по регулированию частоты, пиковому срезу и резервированию. Требуется от BESS быстрого ввода реактивного тока (около 10 мс) и устойчивости при авариях, что делает накопители полноценным инструментом поддержки сети.
ЮАР и др. развивающиеся рынки	Рамочные программы для хранения в сетях с ВИЭ	Рассматривает BESS как средство повышения надёжности сетей с высокой долей ВИЭ и слабой инфраструктурой; создал регуляторные рамки для участия накопителей в рынках услуг.

креплена в США (на оптовых рынках системных операторов, а также в схожей концепции реализована в Великобритании. Во всех этих рынках накопители (BESS) получают выручку не за объём отпущенной электроэнергии (МВт·ч), а оплачивается нескольких составляющих системной услуги, которые вместе вознаграждают именно

готовность и качество регулирования через многокомпонентную систему оценки доступности, маневренности и точности. В результате свыше 70–90 % годовой выручки сетевых BESS на этих рынках формируется именно за счет доступности мощности, точности следования заградительному сигналу и скорости отклика, а не за счет продажи

оптовой энергии. Именно это и является результатом высокого уровня интеграции их в энергосистему.

Китай в 2024 году начал совершенствовать правила участия новых накопителей в рынке электроэнергии и рынке вспомогательных услуг, так как понял, что размещение накопителей вместе с объектами ВИЭ, которое было

главным драйвером развития рынка в предыдущие годы менее эффективно, чем автономные накопители, работающие непосредственно на рынке электроэнергии. В 2025 г. автономные системы совершали примерно на 100 циклов зарядки-разрядки в год больше, чем батареи, привязанные к объектам ВИЭ. Причина заключается в том, что автономные накопители могут самостоятельно реагировать на ситуацию в энергосистеме, участвовать в торговле электроэнергией и оказывать сетевые

услуги, тогда как совместно с ВИЭ размещенные батареи в основном обслуживают конкретную электростанцию. Поэтому полагаю, что такой подход сможет оградить Казахстан от менее эффективного использования накопителей, на который сейчас сделана ориентация в стране.

По расчетной оценке, введение комплексного механизма оплаты системных услуг накопителей, включая предоставление мощности, готовность аварийного и частотного резерва, быстрое регулиро-

вание частоты, фактическую активацию резерва, а также создание условий для энергетического арбитража способно сократить расчетный срок окупаемости BESS в энергосистеме Казахстана ориентировочно на 35–45 % относительно сценария сохранения действующей модели регулирования. После ввода АЭС вследствие увеличения потребности в быстросредействующем регулировании и резервировании потенциальное сокращение срока окупаемости может составить порядка 40–50 %.

1. Wikipedia. List of major power outages, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_major_power_outages.
2. IEA (2026). Reliability – Electricity 2026 Analysis. <https://www.iea.org/reports/electricity-2026/reliability>.
3. Eaton (2025). The 15 most unusual worldwide power outages of 2024 / Top 10 power outages of 2025. <https://www.eaton.com/us/en-us/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/backup-power-ups/blackout-and-power-outage-tracker.html>.
4. Wikipedia. 2025 Iberian Peninsula blackout. https://en.wikipedia.org/wiki/2025_Iberian_Peninsula_blackout.
5. Wikipedia. 2025 Chile blackout. https://en.wikipedia.org/wiki/2025_Chile_blackout.
6. Wikipedia. 2024–2026 Cuba blackouts. https://en.wikipedia.org/wiki/2024%E2%80%932026_Cuba_blackouts.
7. ElectricChoice.com. The 10 Worst Power Outages in U.S. History. <https://www.electricchoice.com/blog/worst-power-outages-in-united-states-history>.
8. Семён Рубан, В Грузии произошел второй блэкаут за два дня, <https://epravda.com.ua/rus/svit/v-gruzii-povtorilsya-blekaut-uzhe-vtoroy-za-dva-dnya-strana-ostalas-bez-elektrichestva-823988>.
9. Энергосистема Казахстана, <https://azh.kz/ru/news/view/80705>.
10. Обзор рынка электроэнергии и угля в Казахстане, <https://ar2024.samruk-energy.kz/ru/kazakhstan-power-and-coal-markets.html>.
11. Куралай Абылгазинова, Как Казахстан будет наращивать маневренные мощности, 2020, <https://kz.kursiv.media/2020-12-19/kak-kazakhstan-budet-naraschivat-manevrennye-moschnosti>.
12. Т. Х. Насиров, Г. Г. Трофимов, Х. А. Шамсиев Э, Научно-технические проблемы функционирования и развития объединенной энергосистемы Центральной Азии, Журнал, Проблемы энерго- и ресурсосбережения, №2, 2022 й. Тошкент, <https://uzenergy.zyrosite.com/>.
13. Т. Х. Насиров, Г. Г. Трофимов, Х. А. Шамсиев, Проблемы функционирования и развития энергосистемы Казахстана и Центральной Азии, Энергетика №2 [81], Алматы, 2022, <http://kazenergy.kz/arhiv/74/82.pdf>.
14. Г. Кутовой, М. Мисриханов, В. Коротков, В. Овсейчук, Г. Трофимов, А. Кадыржанов, Важный фактор развития Евразийского сотрудничества, Энергетика № 4(23) 2007.
15. Трофимов Г. Г., Жежеленко И. В., Асиев А. Т., Живаева О. П., Электроэнергетика стран Центрально-Азиатского региона, Вестник Алматинского университета энергетики и связи. № 2 (41) 2018.
16. Т.Х. Насиров, Г.Г. Трофимов, Х.А. Шамсиев, Проблемы и пути обеспечения параллельной работы энергосистем России и Центральной Азии - Электрические ..., 2022 - elibrary.ru
17. Темур Хайрулаевич Насиров, Герман Геннадьевич Трофимов, Хамидилла Аманович Шамсиев, Валерий Эдуардович Воротницкий, Проблемы и пути обеспечения параллельной работы энергосистем России и Центральной Азии, Электрические станции, №10, 2022, <http://elst.energy-journals.ru/index.php/elst/article/view/177>.
18. Маневренная генерация как фундамент энергетической независимости Казахстана, Eenergy.media, 06.2026, <https://eenergy.media/news/33358>.
19. Энергетика Евразии, <https://www.eesaec.org/energetika-evrazii>.
20. Годовой отчет КЕГОК, Энергия развития 2024., <https://ar2024.kegoc.kz/ru/electricity-balance.html>.
21. Герман Геннадьевич Трофимов, Выбор источников энергии для устранения дефицита мощности в энергосистеме Казахстана, ENERGY. PRO № 2 (2), 2024.
22. Герман Трофимов, Размышления по поводу аварии в энергосистеме Центральной Азии, Энергетика № 1(80), 2022, <http://kazenergy.kz/arhiv/735/82.pdf>.

23. Маневренная генерация как фундамент энергетической независимости Казахстана, <https://eenergy.media/news/33358>.
24. Paul Denholm, Erik Ela, Brendan Kirby, and Michael Milligan, The Role of Energy Storage with Renewable Electricity Generation, National Renewable Energy Laboratory, 2010., <https://docs.nrl.gov/docs/fy10osti/47187.pdf>.
25. Paul Denholm and Trieu Mai, Timescales of Energy Storage Needed for Reducing Renewable Energy Curtailment, National Renewable Energy Laboratory, 2017, <https://docs.nrl.gov/docs/fy17osti/68960.pdf>.
26. Казахстан готовит закон о накопителях энергии - AIR Press, 2026, <https://airpress.kz/economics/kazakhstan-gotovit-zakon-o-nakopitelyah-energii/>.
27. Герман Трофимов, Юрий Петухов, Перспективы использования криогенной технологии в энергосистеме Казахстана, Энергетика №4 [83], Алматы, 2022, <http://kazenergy.kz/arhiv/74/83.pdf>.
28. Paul Denholm, Erik Ela, Brendan Kirby, and Michael Milligan, The Role of Energy Storage with Renewable Electricity Generation, National Renewable Energy Laboratory, 2010., <https://docs.nrl.gov/docs/fy10osti/47187.pdf>.
29. Paul Denholm and Trieu Mai, Timescales of Energy Storage Needed for Reducing Renewable Energy Curtailment, National Renewable Energy Laboratory, 2017, <https://docs.nrl.gov/docs/fy17osti/68960.pdf>.
30. Закон РК «О поддержке использования возобновляемых источников энергии» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 2026, г.), https://prg.kz/document/?doc_id=30445263&ysclid=mu2tagk12ab544904755&xpos=0.
31. Казахстан примет закон о системах накопления энергии и концепцию развития зеленой энергетики, 2026, <https://gurk.kz/news/kazakhstan-primet-zakon-o-sistemah-nakopleniya-e-nergii-i-konczepczuyu-razvitiya-zelenoj-e-nergetiki?ysclid=mu3tpmtryy729943486>.
32. Electric Storage Participation in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators, Order No. 841, <https://ferc.gov/sites/default/files/2020-06/Order-841.pdf>.
33. FERC Order No. 2222: Fact Shee, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376>.
34. Политика BESS в крупных странах мира, 2025, https://www.renewconnect.com/2025/08/bess-policy-push-in-major-countries.html?utm_source=copilot.com.
35. Политика BESS в крупных странах мира, 2025, https://www.renewconnect.com/2025/08/bess-policy-push-in-major-countries.html?utm_source=copilot.com/.
36. Директива (ЕС) 2019/944 Европейского парламента и Совета от 5 июня 2019 года о общих правилах для внутреннего рынка электроэнергии и внесении изменений в Директиву 2012/27/ЕС (переработана) (текст с актуальностью для ЕЭЗ.), <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/944/>.
37. Китай выходит на новый этап развития систем накопления энергии, 2026, <https://www.vedomosti.ru/esp/regulation/news/2026/07/16/1214245-kitai-vihodit-na-novii?ysclid=mu27e55k2553869642>.
38. Electric Storage Participation in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators, (Issued February 15, 2018), <https://www.ferc.gov/media/order-no-841>.
39. Австралия (AEMC Integrating Energy Storage Systems into the NEM, 2021, с доработками 2023–2024): Введена категория Integrated Resource Provider (IRP) для storage и hybrid; bidirectional units; правила scheduling и aggregation. Ссылки: <https://www.aemc.gov.au/rule-changes/integrating-energy-storage-systems-nem> and National Electricity Rules (NER).
40. DR на рынке регулирования частоты | АО «Системный оператор Единой энергетической системы», [https://www.so-ups.ru/functioning/markets/dr/worlds-experience/europe/uk/dr-europe-gb-ng/dr-europe-gb-ng1/\[41\]](https://www.so-ups.ru/functioning/markets/dr/worlds-experience/europe/uk/dr-europe-gb-ng/dr-europe-gb-ng1/[41]). Системный оператор Великобритании впервые заключил контракт на оказание услуг по регулированию частоты с бытовыми потребителями, <https://www.mka.ru/categories/83/18315/>.

Электрические сети города Алматы напряжением 35 кВ и выше

Леонид Иванович ЖУРАВЛЕВ,
с 1985 по 2004 гг. – директор АПРЭС, вице-президент ЗАО «АПК», директор городских электрических сетей, 8 707 787 32 42
Анатолий Матвеевич ВАСИЛЬЕВ,
с 2007 по 2015 гг. – управляющий директор по распределительным сетям города Алматы АО «АЖК», 8 701 712 70 09

Текущее состояние.

Проблемы развития

В марте 2025 года во втором номере журнала мы предлагали для обсуждения статью о состоянии и развитии распределительных сетей города.

Предложения по решению проблем текущего состояния и развития электрических сетей содержатся также в составе «Схемы развития электрических сетей до 2030 года с перспективой до 2040 года», в разработке которой мы также принимали участие.

За прошедшие полтора года по проектам Управления энергетики и водоснабжения города Алматы и АО «АЖК» начато выполнение намеченных работ в распределительных сетях. Рекомендуемая последовательность в необходимом объеме соблюдается не всегда.

Продолжая наблюдать за развитием электрических сетей города, мы убедились, что не менее острые проблемы накопились и в электрических сетях напряжением 35 кВ и выше города Алматы. ▼

В настоящее время в городе следующий состав объектов электрических сетей напряжением 35 кВ и выше:

Баланс производства и потребления электроэнергии

Прогноз максимально потребляемой мощности, сравнение:

	По Схеме развития	По корректировке Генерального плана
На 01.01.2031 г.	1400 МВт	1858 МВт
На 01.01.2041 г.	1700 МВт	2399 МВт

Основное назначение высоковольтных электрических сетей это передача электроэнергии от источников к распределительным сетям или непосредственно к потребителю, построение и развитие таких сетей во многом зависит от баланса производства и потребления на рассматриваемый период.

В действующей «Схеме развития электрических сетей города Алматы до 2030 года с перспективой до 2040 года» (далее – Схема) были использованы данные по развитию энергоисточников и потребителей, опреде-

ленные в Генеральном плане города Алматы до 2040 года. В настоящее время идет обсуждение корректировки Генерального плана города Алматы. Показатели величины потребления значительно увеличиваются. ▼

В Генеральном плане указано увеличение установленной мощности АТЭЦ-2 до 590 МВт (располагаемая 557 МВт), АТЭЦ-1 – до 250 МВт (располагаемая 225 МВт). Располагаемая мощность Каскада ГЭС остается 14 МВт. При этом АТЭЦ-1 после реконструкции будет введена не ранее 2031 года.

Общая располагаемая мощность источников г. Алматы составляет 797 МВт.

Это означает, что если учитывать только источники города, дефицит электроэнергии уже к 2031 году составит около 1000 МВт. Покрытие дефицита должно осуществляться за счет передачи электроэнергии от внешних источников.

В Схеме предлагалось заключить какие-то рамочные соглашения о разделе поступающей энергии от внешних источников между потребителями Алматинской области и города Алматы. На настоящий момент такого разделения нет и нет понимания, кто сможет решить данный вопрос.

В работе «Актуализация Комплексной схемы градостроительного пла-

По состоянию на 2022 год

нирования территорий пригородной зоны г. Алматы (Алматинская агломерация)» в разделе Электроснабжение предлагалось дополнительно к строительству АТЭЦ-3 выполнить строительство четырех станций мощностью по 100 МВт в городах-спутниках и мощностью 858 МВт в г. Алатау. В качестве альтернативного решения с учетом перехода энергетики на безуглеродную предлагалось рассмотреть электро- и теплоснабжение с применением атомных реакторов малой мощности, но пока планов по строительству станций в городах спутников нет. По сообщению прессы, во время визита Президента страны в Республику Корею, было заключено соглашение о строительстве газовой электростанции с возможным переходом на водород в городе Алатау, но мощностью уже 250 МВт.

В г. Алматы предлагают включать оборудование по выработке электроэнергии при строительстве котельных полицентров. Намечалась передача мощности от станций, использующих возобновляемые источники электроэнергии (расположенных в зоне Чилика). Однако теперь рассматривается проект передачи электроэнергии из этой зоны по линиям 500 кВ до ПС 500 кВ Алма и далее в г. Алатау.

Это означает, что вопрос баланса мощности должен рассматриваться совместно с Акиматами города, области и АО «KEGOC».

Не ясно, кто выступит инициатором такого обсуждения. Вероятно, Минэнерго, но должен быть запрос. Возможно, инициатором запроса будет Союз инженеров-энергетиков.

В городе Алматы идет обсуждение предложения по массовой установке солнечных панелей на крышах зданий. Плохо будет, если разговоры о «солнечной сказке» отодвинут на неопределенный срок решение вопроса дефицита мощности.

Проблемы отставаний по срокам выполнения мероприятий, намеченных Схемой.

Изменение приоритетности

За прошедшие три года (включая 2026 год), намечилось значительное отставание фактического выполнения строительства новых объектов и реконструкции существующих от плана мероприятий, намеченного Схемой.

Отставание как по объектам, финансируемых за счет бюджетных средств, так и по объектам, финансируемым АО «АЖК».

Так по объектам, финансируемым за счет бюджетных средств:

Намечено строительство шести объектов напряжением 110 кВ – выполнено два.

Намечено строительство трех объектов напряжением 220 кВ – не выполнено ни одного.

По объектам, финансируемым АО «АЖК»:

Не выполнена реконструкция ПС 220 кВ ПС-7А АХБК.

Не выполнена реконструкция объектов напряжением 110 кВ – ни одного объекта из намеченных.

Отдельно следует отметить изменение предлагаемых приоритетных направлений строительства объектов.

Схемой предлагалось, в первую очередь, выполнить строительство (реконструкцию) объектов (ЛЭП и ПС), ограничивающих возможность подключения новых нагрузок и увеличения мощности существующих потребителей.

Фактически, ни один объект не выполнен, и эти объекты даже не включались в инвестиционную программу АО «АЖК». Получается, что еще до наступления дефицита мощности, город «добровольно» вводит ограничения. Считаем, что это искажает величину необходимой мощности при подключении объектов. Электрические сети должны проектироваться с учетом расчетной мощности объекта.

К такому ограничению добавляется проводимая АО «АЖК» кампания ограничения мощности индивидуального жилищного строительства (коттеджной застройки и квартир повышенной комфортности).

Для коттеджей (2 этажа) ограничивается мощность 5 кВт. В соответствии с нормативной документацией мощность 5 кВт предусмотрена на жилой дом с минимальным уровнем комфортности и площадью до 70 м². В присоединенных поселках к городу Алматы (теперь микрорайоны) разрешенная мощность на жилой дом составляет 3 кВт. Почему жители города Алматы, которым при проектировании рассчитывается мощность 12 кВт, должны жить с минимальным уровнем комфортности – непонятно.

Выполнение решений, намеченных Схемой развития электрических сетей. Статус Схемы. Порядок изменения Схемы.

Не смотря на несколько обращений, не удается убедить Управление энергетики и водоснабжения Акимата города Алматы в необходимости назначить организацию или службу Акимата, осуществляющую контроль за выполнением Схемы и периодическую актуализацию «Схемы»:

Разработанная Схема, согласована со всеми заинтересованными организациями, выполняющими эксплуатацию и развитие электрических сетей города: АО «KEGOC», АО «АЖК», АО «АлЭС», заказчик – УЭиВ г. Алматы.

Соответственно, все должны при составлении своих планов выполнять решения Схемы.

Контроль должен быть со стороны назначенной организации, с которой должны также согласовываться планы, инвестиционная программа и т.д. Без согласования не должны утверждаться инвестиционные программы АО «KEGOC», АО «АЖК», АО «АлЭС».

При изменении Схемы должны соблюдаться основные рекомендации по развитию электрических сетей, принятые в Схеме.

На практике, такие изменения вносятся без достаточного обсуждения, или совсем без обсуждения. Часто это приводит к принятию не достаточно продуманных решений и, в результате, к не обоснованному расходу выделенных инвестиций.

В качестве примера можно привести появление проекта подстанции 220 кВ на территории промышленной зоны города Алматы. Для передачи мощности 90 МВт, на расстоянии 1,5 км от строящейся ПС 220 кВ на территории АТЭЦ-2, предусмотрено строительство ПС 220 кВ 2х125 МВ·А. Присоединение ПС выполняется к ЛЭП 220 кВ «кольца» 220 кВ города Алматы.

Это приводит к снижению надежности «кольца» 220 кВ, появлению не используемой трансформаторной мощности 2х25 МВ·А, так как мощность регулировочных трансформаторов 100 МВ·А. При сравнении с вариантом строительства линий 110 кВ и подстанций 2х80 МВ·А – это не оправданные затраты.



Из последних проектов, проект строительства объектов для электро-снабжения объектов Горного кластера подстанции 110/10 кВ «Бутаковка» с присоединением к ВЛ 110 кВ Л-170А. В Схеме предусмотрена ликвидация этой линии.

Примеров можно приводить еще много. Можно сказать, что необходимо повышать статус Схемы.

Планирование и выполнение работ «комплексным» методом

Мы неоднократно предлагали, при рассмотрении планов строительства объектов электроснабжения, выполнять работы по развитию сетей города комплексно. Считаем, что наиболее рационально выполнение всего комплекса работ по объектам разного напряжения на одной территории (зона действия ПС, административного района и т.п.) То есть, должны выполняться все работы, которые необходимы для определенной территории.

В качестве негативного примера можно привести выполняемую в настоящее время АО АЖК замену кабельных линий.

По данным исследования сотрудников службы изоляции АО «АЖК», замена кабеля без наведения порядка по устройствам защиты от однофазных коротких замыканий, ремонта кабельных линий абонентов, реконструкции трансформаторных подстанций приводит к повторному

быстрому повреждению кабельных линий. Дополнительный ремонт требует дополнительных затрат в размере 25-30 % от первоначальной стоимости.

Это также приводит к увеличению количества жалоб от потребителей, которые не видят улучшения электро-снабжения после значительных раз-рытий.

Проблема организации эксплуатационного обслуживания объектов энергетики

Как ни странно, но основная проблема эксплуатации объектов распределительных сетей сохраняется и в высоковольтных электрических сетях – это разделение объектов между разными владельцами.

АО «АЖК» справедливо жалуются, что вновь построенные объекты за счет бюджетных средств, Акимат города не передает на баланс АО АЖК, сохраняются и абонентские подстанции, и линии 110 кВ (Индустриальная зона города Алматы, ЖК Европолис). Затраты на обслуживание подстанций не принадлежащих АО «АЖК», как правило, не попадают в тарифную смету. Выполнение нормативных работ на таких объектах фактически не контролируется.

В городе эксплуатация и развитие электрических сетей занимаются АО «АЖК», АО «АлЭС», АО «KEGOC», Управление энергетики и водоснабжения города Алматы. К сожалению, организация работ не всегда согла-

сована. Считаем, что координатором должен быть Акимат города Алматы, так как при возникновении проблем, потребители обращаются в первую очередь в Акимат.

Но Управление энергетики и водоснабжения города Алматы не спешит брать на себя такую обязанность.

Примером не верного, по-нашему мнению, решения является требование АО KEGOC вводить в действие САОН, начиная с отходящих линий от РП 10 кВ. При этом такой запуск должен выполнять АО KEGOC из диспетчерского пункта в г. Астана. Для этого в технические условия на электроснабжение объекта включается требование обеспечить надежную связь с системным оператором. Считаем, что такой уровень при такой удаленности объектов не нужен. Достаточно отключения фидеров на ПС.

Блэкаут 14.08.2026 года в г. Алматы показал, что САОН даже на подстанциях не отработала должным образом. Обслуживанием установленной аппаратуры на подстанциях занимается АО «АЖК».

Надеемся, что содержание статьи заинтересует экспертное сообщество. Эксперты получают возможность высказать свое мнение и внести свои предложения по данной теме. Это позволит избежать принятия ошибочных решений при развитии электрических сетей города.

Роль отраслевых проектных институтов в развитии экономики страны, региона и области

Александр ТРОФИМОВ, генеральный директор ТОО «Институт Казсельэнергопроект» (1986-2016 гг.), президент института «Энергия» (2016-2019 гг.), советник генерального директора ТОО «АлатауЭнергоПроект» (2019-2022 гг.), председатель правления Союза инженеров-энергетиков РК, член корр. Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заслуженный энергетик Казахской ССР и Казахстана, советник генерального директора ТОО «АлматыЭнергоТяжМашПроект» (2023 г. по н. в.), технический редактор журнала «ENERGY.PRO» (преемник журнала «Энергетика»)



Лев ПЕВЗNER, первый вице-президент института «Энергия» (1963-2011 гг.), зам. главного инженера ТОО «Институт «Казсельэнергопроект» (2011-2016 гг.), первый вице-президент института «Энергия» (2016-2022 гг.), советник президента института «Энергия» (2022 г.), заслуженный энергетик Казахстана, советник генерального директора ТОО «АлматыЭнергоТяжМашПроект» (2023 г. по н.в.)

Проработав в проектных институтах энергетической отрасли Казахстана более 65 лет, мы, как и все профессионалы этого поколения, считаем необходимым говорить не о собственном профессиональном пути, а о том, какие задачи стоят перед отраслью. Мы готовы делиться своим опытом и вносить предложения, которые будут полезны энергетической отрасли, с которой связана вся наша профессиональная деятельность в проектных институтах «Сельэнергопроект» и «Энергосетьпроект» (институт «Энергия»). Мы рассматриваем только сложившуюся ситуацию в проектных институтах энергетической отрасли, которая во многом характерна для всей проектной отрасли и для всей проектной базы других отраслей РК и СНГ.

Чтобы развитие энергетики было стабильным, шло опережающими темпами, следует восстановить утраченное единство отрасли. Оно выра-

жается в централизованном едином руководстве, вертикальной интеграции, единой технической политике, интегрированной в масштабе отрасли, ответственной за надежное и бесперебойное энергоснабжение потребителей.

Нет необходимости, чтобы Министерство энергетики «доходило до каждого болта», занималось оперативным управлением, но нужно, чтобы, определяя стратегию развития отрасли, оно жестко контролировало реализацию принятого Плана развития отрасли до 2035 года.

Тот план, который стратегией принят до 2035 года, должен отслеживаться профессионалами энергетиками. Это не простая работа. Прогнозирование развития отрасли требует комплексного подхода с учетом не только текущих макроэкономических показателей, но и прогноза развития самой макроэкономики, поскольку энерге-

тические объекты требуют больших материальных, финансовых, временных затрат. Энергетика должна опережать развитие экономики, а не бежать за ней вдогонку. Энергетика должна быть опережающей отраслью.

У нас, конечно, есть программа развития, но этот документ должен контролироваться, причем жестко. Поэтому именно при Министерстве энергетики и должно быть в том числе главное техническое управление по развитию энергетики республики. Это орган, который мог бы вырабатывать единую техническую политику и консолидировать научно-техническую общественность отрасли. Орган, который, как рефери, свел бы и компетентно рассудил предприятия электрических сетей, проектировщиков и заказчиков.

Союз инженеров-энергетиков РК и Совет ветеранов энергетиков КЭА более 15 лет тесно сотрудничают, и мы



надеемся, что сотрудничество будет продолжаться и расширяться в рамках своих положений и консолидации коллективов энергетиков страны.

В тоже время следует отметить, что наши предложения по дальнейшему развитию энергетической отрасли РК, принятые на форумах, семинарах и высказанные на страницах журнала «Энергетика», не всегда находят должного понимания в государственных структурах и остаются без ответа.

Например, до сего времени государственные структуры не отреагировали на предложения, изложенные в резолюции Международного форума ветеранов-энергетиков РК и СНГ, который проходил 28 октября 2022 г. в г. Шымкент на базе нового трансформаторного завода ТОО «Азия Трафо» объединения электроэнергетической компании «Alageum Electric».

Такая же реакция, вернее, ее отсутствие, наблюдается на публикации в СМИ и в журнале «ENERGY.PRO» (в прошлом – журнал «Энергетика») видных энергетиков РК, содержание которых было направлено на реализацию дальнейшего развития энергетических ресурсов, включая расширение мощности и строительство новых электростанций, ввода объектов ВИЭ, гидроэлектростанций и атомной энергетики, оптимизацию электрических потребностей потребителей

областей и регионов страны. Свободное выражение мнений не только авторов, но и общественных организаций, не имеющих практически финансовой поддержки для своей деятельности, не были услышаны.

Нам, ветеранам энергетики, не безразлична судьба энергетической отрасли, которая не без основания отнесена к сфере национальной безопасности. Уместно будет повторить пророческие слова назидания, сказанные первым Министром энергетики и электрификации Казахской ССР Батуровым Тимофеем Ивановичем на торжественном собрании по случаю его 90-летия со дня рождения: «Мы, старшее поколение, оставили народу Казахстана огромный электроэнергетический потенциал. У нас большая просьба – берегите его!».

В настоящее время общественность страны проявляет большой интерес к пониманию основ энергетической безопасности. Это в конечном итоге соблюдение прав человека. А эти права оцениваются важнее всех остальных принципов социального государства.

Поэтому мы решили напомнить о некоторых предложениях, высказанных за последние 10 лет, в том числе на 13 Форуме ветеранов энергетики РК и СНГ в 2024 году, для реализации которых не потребуются больших затрат:

1. Создать Главное техническое управление в структуре Министерства энергетики РК. Это орган, который мог бы вырабатывать единую техническую политику и консолидировать научно-техническую общественность отрасли. Орган, который бы компетентно рассудил предприятия электрических сетей, проектировщиков и заказчиков.

2. С целью принятия правильных решений по действующим региональным ТЭЦ, обеспечить своевременную разработку схем теплоснабжения городов с перспективой на 10-15 лет. Это позволит планировать объемы реконструкции действующих станций, строительство замещающих мощностей или новых ТЭЦ. В обязательном порядке раз в 5 лет выполнять областные Схемы развития электрических сетей и раз в 3 года их корректировку. Схема – это определяющий документ по развитию и реконструкции электрических сетей для обеспечения надежного электроснабжения всех потребителей данной территории

3. Восстановить на должном уровне отраслевые проектные институты.

4. Остались без внимания обращение Союза инженеров-энергетиков РК (А.С. Трофимов, М.Т. Дулкаиров, журнал «Энергетика» № 2 (81), 2022 г.), Письмо Администрации президента РК от 14/IX-2022 о производстве и

внедрении ветроагрегатов, разработанных д.т.н. профессором М. Камбаровым. Предложенный ветроагрегат не имеет аналогов в мире, защищен 16 патентами, стал Лауреатом мирового (Лос-Анджелес), азиатского (Шанхай) и других конкурсов бизнес-проектов, прошел экспертизу в РК и за рубежом. Эти ветроагрегаты могут работать в Джунгарском ветровом коридоре, где скорость ветра достигает 60 м/с (ветроагрегаты западных фирм рассчитаны на ветровую скорость до 25 м/с).

5. Осталась без внимания развернутая резолюция энергетического форума «Стратегия долгосрочного развития электроэнергетической отрасли Казахстана», проведение которого организовала Казахстанская Электроэнергетическая Ассоциация в г. Астане 18 ноября 2018 г. (журнал «Энергетика», № 1 (68), 2019 г.).

Также повторно обращаемся к нашему Министру энергетики РК Саткалиеву Алмасадому Майдановичу с просьбой рассмотреть вопрос о придании журналу «Энергетика» статуса официального издания Минэнерго РК, ввести в состав редколлегии ряд ведущих специалистов отрасли и решить вопрос финансирования издания.

Следует отметить, что экс-министр энергетики РК Булат Газизович Нуржанов проявил инициативу, и в 1993 г. создал отраслевой журнал «Энергетика и топливные ресурсы Казахстана», стал его главным редактором. В создании и выпуске первых номеров журнала ему помогал Колинко Николай Сергеевич, заслуженный журналист СССР, проработавший более 14 лет помощником Председателя Совета министров Казахской ССР Ашимова Байкена Ашимовича. В 2001 году журнал стал издаваться Союзом инженеров-энергетиков РК, сменив название на «Энергетика». Журнал продолжает выходить уже почти 25 лет, сейчас – под названием «ENERGY.PRO». В Казахстане это единственный журнал, который высоко оценен профессиональной аудиторией и является источником быстрой информации о новостях в отрасли. Журнал издаётся практически на общественных началах, на энтузиазме СИЭ РК и его генерального директора Марата Дулкайрова. Призываем энергетические предприятия Казахстана поддержать отраслевой журнал «ENERGY.PRO».

Выражаем большую благодарность руководству АО «KEGOC» и АО «Самрук-Энерго», которые оказывают большую помощь, размещая на страницах журнала технические статьи, информационные материалы о развитии энергетической отрасли.

В процессе подготовки настоящей статьи мы выяснили, что Россия в ноябре 2022 г. провела на государственном уровне круглый стол, на котором был обсужден вопрос о роли отраслевых журналов в технологическом развитии энергетики, промышленности предприятий, сельского хозяйства и т. д.

Возможно, следует провести подобное мероприятие и в РК. Это позволит поднять статус отраслевых журналов РК, занять уникальную позицию, представляя высококачественную специализированную информацию о развитии производства и наукоемких технологических решений. Кроме того, общество получит достоверную информацию, в которой оно очень нуждается.

Проектная деятельность в Казахстане – одна из основных составляющих инвестиционного процесса, участниками которого являются заказчик и строительно-монтажные организации. Проектная форма управления в современных условиях должна становиться основной формой развития экономики. Эффективность создаваемых в рамках инновационных проектов систем технических, технологических и иной направленности в конечном итоге проявляется в достижении новых качеств.

Какую же нишу должны занять отраслевые энергетические проектные институты в предстоящий период?

Как правильно выстроить их развитие в той ситуации, в которую они попали?

После 1993 года «доблестный» Стройкомитет РК при попустительстве СовМина РК подготовили решение о сокращении проектных институтов, их объединении и приватизации. В этот период были случаи рейдерских захватов имущества институтов, когда непрофильные игроки рынка перекупили институты с единственной целью – завладеть зданиями.

По информации из СМИ, в РК в настоящее время выдано более 35 тысяч лицензий на право разработки проектно-сметной документации для всех отраслей РК!

Сейчас проектные институты находятся в сложной ситуации. Не хватает специалистов, отмечаются низкая заработная плата, низкие цены на проектные работы, расценки на которые не рассматривались в последние 15 лет

Несовершенный Закон «О закупках», тендерные неувязки, демпинговые цены и т. д. могут привести к потере возможности проектными институтами на должном уровне влиять на экономику страны. Для любой страны, независимо от модели ее развития, реализация планов развития должна базироваться на качественной проектно-сметной документации и сопровождается (авторский надзор) научно-исследовательскими проектными институтами.

Мы считаем, что в сложившейся ситуации на правительственном уровне необходимо рассмотреть вопрос о состоянии проектной базы в стране с участием отраслевых Министров и ведущих проектных институтов.

Большую помощь в решении проблем может оказать Национальная инженерная академия РК, которая имеет в своем составе свыше 300 ведущих ученых и специалистов-практиков инженерно-технологического и производственного профиля, в том числе более 200 докторов наук, руководителей и специалистов крупнейших предприятий и высших учебных заведений. В силу этого академия способна стать связующим звеном в координации инженерного образования.

Надеемся быть услышанными.

Статья была опубликована в журнале «ENERGY.PRO» №1 (1) (в прошлом – «Энергетика») в июле 2024 года и её актуальность не утрачена до сего времени. Авторы статьи дополняют её следующим абзацем:

Для усиления энергетического сектора РК необходимо создать новое профильное Министерство энергетики, в структуре которого должно быть Главное техническое управление. Весомым аргументом в пользу такого решения послужил недавний блэкаут 14 августа 2026 г. в Казахстане, показавший уязвимость энергосистемы страны.

Предложение авторов поступило в редакцию журнала 5 сентября 2026 г.

Энергетика Казахстана. ВИЭ, ГТЭС, АЭС



Махсут ОРДАБАЕВ,
Инженер-электрик,
Заслуженный энергетик СНГ и Республики Казахстан

Развитие и перспектива экономики любого государства во многом зависит от состояния энергетики и его ресурсов, в том числе нефти, газа, угля, урана и т. д. При их наличии рост показателей экономики, естественно, будет обладать преимуществом перед другими экономиками, если использовать их максимально эффективно, что должно в целом отражаться на благосостоянии нашего народа. Казахстан при СССР был сырьевым придатком всей экономики одной из крупнейших экономик мира, заселявшей одну шестую часть планеты и сегодня, к большому сожалению, практически не отошел от этого неперспективного, а то и губительного направления, где все ищут легких доходов и прибылей. Мы все гордимся тем, что добываем миллионы тонн и баррелей того или иного продукта энергоресурсов, а куда они уходят, где и в каких целях используются – мало кого интересует. Мы должны хорошо понимать, что органические ресурсы будут исчерпаны, если не сегодня, то завтра или послезавтра, а жизнь будет продолжаться. Возникает вопрос: «Где мы, что имеем сегодня и что нас ожидает в ближайшей и дальней перспективе?»

Постараюсь ответить на эти вопросы и, как гражданин, работающий в отрасли энергетики, поделиться своим видением на перспективу развития этого направления.

Республика Казахстан на сегодня является самодостаточной и обеспеченной всеми необходимыми ресурсами экономикой мира и региона, развитие экономики которого определяется приоритетами государства, его целями и задачами на перспективу. На сегодня в стране научились добывать все, что лежит под землей и над землей, кое-что перерабатывать, но, в основном, сырье уходит на экспорт за мизерную валюту, а если бы была переработка продукции, цена была бы гораздо выше. Это понятно с точки зрения извлечения быстрых, легких доходов, поступления налогов и т. д. Но, к сожалению за время независимости мы должны открыто констатировать, что рабо-

тающей экономики не создали, за исключением некоторых отраслей и направлений, оказывающих услуги.

Наш бюджет сегодня зависит от цен на сырье и это усугубляет все связанные с ним вопросы, в том числе весь социальный блок, включая здравоохранение, образование, культуру, безопасность, оборону и т. д. Все программы стратегического, долгосрочного, краткосрочного и других направлений развития, которые казались четкими, ясными, глубоко проработанными, к великому сожалению не выполнены, хотя были потрачены большие финансовые и другие средства и главное – время.

Почему так получилось и кто несет ответственность за развитие эконо-

мики страны, отсутствие новейших технологий, инновационных подходов – это вопрос времени и глубокого анализа. А теперь стоит вопрос: что дальше, в каком направлении двигаться? Чтобы не буксовать, а идти в ногу с мировым колесом технологического развития, которое ушло далеко вперед на несколько десятилетий, по сравнению с нашей несостоявшейся экономикой, практически отсутствием в некоторых отраслях производства и переработки.

Я хотел подчеркнуть, свою неоспоримую роль должно сыграть развитие энергетики, в том числе электроэнергетики Казахстана, которая должна стать локомотивом всей экономики, быть драйвером диверсификации

экономики, технологического прорыва нашей страны.

В стране принята концепция перехода к **«зеленой экономике»** – это значит к **зеленой энергетике**.

Первым шагом является интенсивное **развитие возобновляемых источников энергии**.

Есть уже реализованные проекты в Туркестанской, Восточно-Казахстанской, Алматинской, Жамбылской областях. В настоящее время начались работы по разработке ПСД строительства каскада ГЭС на среднем течении реки **Угам** в Казгуртском районе Туркестанской области, с водоводом для обеспечения питьевой водой 5 районов объемом свыше 110 млн кубометров воды в год, мощностью 72 МВт и выработкой электроэнергии около 300 млн кВт·ч в год. Также, в августе 2019 года была запущена МГЭС **«Кенес-1»** мощностью 2,5 МВт (проектная – 3,75 МВт) на реке Сайрамсу в Толебийском районе. Ведутся проектные работы для МГЭС **«Кенес-2»**, рядом с МГЭС «Кенес-1» и ряд других проектов МГЭС на реках Аксу, Арысь, Каскасу, реализуется проект **Оттарской СЭС** мощностью 50 МВт, в г.Кентау, Созакском, Келесском, Толебийском районах и т.д.

Приняты законы и подзаконные акты для всеобщей и повсеместной реализации планов развития и строительства объектов ВИЭ, потенциал которых во всех регионах Казахстана большой и его будет хватать на все времена. Да, у нас проектная мощность всех источников электрической энергии в стране свыше 23000 МВт, а располагаемая мощность около

17000 МВт, которой, естественно, на сегодня-завтра больше, чем достаточно. Но здесь мы должны учесть, что 70 % мощностей производится на угле, от которого ведущие экономики мира отказываются, ввиду миллионов тонн выбросов, пагубно влияющих на экологическую ситуацию в странах. В настоящее время актуальность угля возросла и принята концепция развития угольной генерации в Казахстане. Но мы должны думать о завтрашнем дне, когда закончатся органические виды топлива, которые небесконечны и использовать для развития и будущего государства то, что имеется под рукой и адаптировать всю систему энергообеспечения в этом направлении.

К примеру, потенциал ветроэнергетики составляет порядка 100 млрд кВт·ч в год, а технически возможный гидропотенциал альтернативной энергетики оценивается свыше 60 млрд кВт·ч в год. Потенциал солнечной энергии практически того же порядка на юге, а на севере и западе страны очень большой потенциал ветровой энергетики.

В 2009 г. принят Закон «О поддержке использования возобновляемых источников энергии» и ряд нормативно-правовых актов в его реализацию, определены целевые индикаторы развития сектора ВИЭ, которые предполагает долю ВИЭ к 2030 году – 10 %, к 2050 году – 50 % от всего совокупного энергопотребления страны. На сегодня доля ВИЭ составляет около 3,6 %. Законом предусмотрены: закуп произведенной энергии по фиксированным тарифам и аукционным ценам, рас-

пределение электроэнергии через РФЦ (расчетно-финансовый центр), инвестиционные прерференции, создание резервного фонда в целях обеспечения финансовых обязательств, план размещения объектов ВИЭ, внедряется аукционный механизм для снижения инвестиционных рисков и т. д. Для реализации этого важного направления Министерством энергетики РК проведены конкретные шаги, а местные исполнительные органы, за исключением южных областей, проявляют пассивность и низкую заинтересованность. Будем надеяться на активизацию всех сторон для развития этого стратегически важного перспективного направления.

Время показало, что из всех видов генерации по ВИЭ, наиболее **затратным и трудноокупаемым** является строительство и ввод в эксплуатацию гидроэлектростанций (ГЭС). Инвесторы приходят с трудом и с большим риском невозврата вложенных средств. Поэтому для привлечения инвестиций, минимизации рисков и гарантированной реализации развития проектов МГЭС, необходимо **исключить** гидроэнергетические станции из перечня в Законе о ВИЭ и ввести **правила реализации проектов ГЭС по фиксированным тарифам** с отработкой механизмов финансовых инструментов их внедрения согласно законодательству.

Вторым очень важным и необходимым шагом технологического прорыва Казахстана является **развитие атомной энергетики**, потенциал которой у нас бесконечен в силу того, что у нас имеется свой уран, что предполагает извлекать прибыль и неоспоримую выгоду для экономики в целом. Самым важным направлением атомной энергетики является строительство **атомных станций (АЭС)** на территории страны и использование атома во всех отраслях народного хозяйства, в том числе, в медицине, разработках в сфере термоядерной энергетики для которого есть все предпосылки и условия. Современные технологии сегодня позволяют нам строить атомные станции с гарантированным обеспечением и соблюдением всех мер безопасности, также безопасным решением вопросов захоронения отходов отработанного ура-

на, что является одним из важнейших условий реализации проекта по строительству атомной станции.

Безусловно, что АЭС не является для нас панацеей от всех проблем обеспечения энергоснабжения страны на сегодняшний день. Более того, мы на ближайшую перспективу можем обеспечить энергоснабжением страну на базе газовой генерации, на что требуется строительство нескольких газоперерабатывающих станций на западе страны. Газа у нас хватает на несколько десятилетий. Если считать экономику и сравнить с затратами на АЭС, то газовая генерация будет намного дешевле. Но с учетом дальней перспективы, строительство АЭС будет востребовано и необходимо при обеспечении нулевого риска для влияния на окружающую среду и соблюдения всех требований экологического законодательства, в том числе МАГАТЭ.

В чем преимущество АЭС чисто экономически? Низкая себестоимость после ввода, по сравнению с газовыми и угольными станциями. Уран – недорогое сырье и эффективность высокая как и стабильные эксплуатационные расходы. Атомная генерация не подвержена колебаниям цен как на углеводородах и ВИЭ. Долгий срок службы не менее 60 лет, что означает минимальные эксплуатационные затраты при долгосрочном производстве электроэнергии. Несмотря на начальные высокие затраты, в долгосрочной перспективе они экономически являются эффективными. Процесс окупаемости проектов АЭС за счет долгого срока эксплуатации, низких эксплуатационных расходов и стабильной генерации необременителен для потребителей электроэнергии. Введение в систему атомной генерации поможет диверсифицировать энергобаланс страны, стабилизируя энергоснабжения за счет базовой мощности без частых колебаний. Ввиду отсутствия выбросов, способствует выполнению международных обязательств по снижению парниковых газов, а также избежать углеродного налога Евросоюза. Строительство и эксплуатация АЭС создают тысячи рабочих мест на объектах, так и в смежных отраслях экономики страны.

Да, есть вопросы политического характера, что при правильном, грамотном и понятном разъяснении необхо-

димости строительства АЭС, население должным образом отнесется к этому важному вопросу, от которого будет зависеть будущее нашей экономики. Объявленным Президентом референдумом в Казахстане наш Народ поддержал необходимое решение о будущем атомной отрасли в целом, а также инновационном технологическом развитии страны. Более того, надо подчеркнуть, что наши соседи: Узбекистан и Кыргызстан в этом плане оказались более расторопными и начали активизироваться. Беларусь уже запустила первый блок, готов второй блок в Островце. На сегодня актуальность строительства АЭС возросла и в связи с недавним блэкаутом энергосистемы Средней Азии и Казахстана, где была аварийная ситуация на Юге страны с полным провалом системы, что предполагает необходимость перспективы увеличения генерации именно на юге Казахстана для обеспечения энергетической независимости страны.

В настоящее время начался процесс объединения ЕЭС Казахстана с западом, что усиливает в целом энергетическую безопасность страны. Поэтому необходимо поддерживать идею строительства АЭС на о. Балхаш в пос. Улкен, где инфраструктура позволяет возвести ее в довольно короткие сроки, которые займут около 10 лет. Вторым местом, отвечающим параметрам МАГАТЭ и другим требованиям, может быть город Курчатова в ВКО.

Возникает вопрос: «По какой технологии идти при выборе оборудования?». Современные реакторы американских, японских, французских, российских, южно-корейских, китайских, канадских производителей позволяют возможность выбора оптимального варианта прозрачно на основе конкурса согласно требованиям МАГАТЭ и других необходимых процедур. Надеемся на реальный объективный выбор технологии и реакторов, чтобы все было прозрачно с исключением негативных вопросов населения и освещения итогов торгов.

Вообще, я считаю, нам необходимо создавать **государственную структуру управления атомной промышленностью** в стране и вовлекать все направления народного хозяйства в этот процесс, в том числе смежных отраслей, что имеет колоссальный по-

тенциал для инновационного технологического прорыва страны.

Также нельзя сбрасывать с счетов и газовую генерацию. К сведению, хотелось бы отметить, что на юге намечается строительство газотурбинной станции ГТЭС-Састюбе 320 МВт для крупного химкомплекса в Тюлькубаском районе Туркестанской области. Также начато строительство ГТЭС на 1 ГВт в Толебийском районе той же области.

В-третьих, мы сегодня просто обязаны заниматься вопросами **энергосбережения**, которое является важной составляющей диверсификации всей экономики страны и охватывает все отрасли, где очень высокая энергоемкость, превышающая среднемировые показатели в 2 раза, страны ОЭСР в 4 раза, по СНГ – на 5 месте. Тем самым, необходимо подчеркнуть, что у нас огромный потенциал энергосбережения, то есть все предпосылки законодательного плана и приняты все подзаконные акты, правила, рычаги стимулирования и т. д. Принят Закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» в 2012 году, в его реализацию утверждены необходимые нормативно-правовые акты, создан Государственный энергетический реестр, создан Институт развития электроэнергетики и энергосбережения как национальный оператор, механизм долгосрочных энергосервисных услуг, внедрены Карта энергоэффективности, энергетический аудит и т. д. Все вышеперечисленные меры позволяют практически всем отраслям нашей экономики снизить энергоемкость и повысить эффективность использования энергоресурсов в разы, что в конечном итоге позволит осуществить технологический прорыв в развитии Казахстана.

Резюмируя и подводя итоги моего видения развития энергетики страны в целом, хочу подчеркнуть, что у нас есть все предпосылки и возможности для развития страны в новом инновационном высокотехнологическом плане, где приоритетом должны быть **развитие атомной энергетики со строительством атомных станций и созданием Агентства атомной энергетики, повсеместное использование возобновляемых источников энергии, энергосбережение и повышение энергоэффективности в Казахстане**.



Термоядерный импульс для гиротронов



Вырос вклад России в проект сооружения первого в мире международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР. Команда российских специалистов в июне установила на площадке сооружения первые три гиротронных комплекса. Ранее Россия получила заказ еще на 20 таких устройств. Расширяется сотрудничество и по другим направлениям.

Задача проекта ИТЭР – продемонстрировать научно-технологическую осуществимость использования термоядерной энергии в промышленных масштабах и отработать необходимые технологии. Россия – инициатор и один из ключевых участников проекта: разрабатывает, изготавливает и поставляет 25 систем ИТЭР (все центральные сборки дивертора, 40 % панелей первой стенки, коммутирующую аппаратуру, диагностические комплексы, соединители модулей blankets и прочее).



Визит Пьетро Барабаски

Глава Международной организации ИТЭР выступил на Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ), а также обсудил с заместителем гендиректора по персоналу «Росатома» Татьяной Терентьевой стажировки российских специалистов на проекте ИТЭР.

Стороны договорились проработать различные варианты для представителей российских образовательных и научных учреждений. «Мне очень приятно снова приехать в Россию и принять участие в таком знаковом ме-

роприятии, как ПМЭФ. Я очень рад, что Россия продолжает активное участие в проекте ИТЭР. Сейчас проект находится в энергичной фазе реализации, и только в максимально тесном сотрудничестве мы сможем достичь успеха», – заявил на ПМЭФ Пьетро Барабаски.

Больше гиротронов

Специалисты Института прикладной физики РАН, научно-производственного предприятия «Тиком» и Проектного центра ИТЭР «Росатома» в июне смонтировали на площадке сооружения ИТЭР три гиротронных

комплекса российского производства. Сборка заняла шесть недель.

«Температура плазмы в ИТЭР будет достигать 300 миллионов градусов, это в 20 раз больше, чем в солнечном ядре. Нужны системы колоссальной сложности, чтобы нагреть плазму до таких температур. Этого не делалось еще никогда. Помогать в этом будут российские комплексы с рекордными техническими характеристиками», – подчеркнул директор Проектного центра ИТЭР Анатолий Красильников.

Гиротроны нужны для разогрева дейтерийтритиевой плазмы электрон-

но-циклотронным методом – одним из трех задействованных в ИТЭР. Гиротрон, изобретенный в СССР в 1960-х годах, способен производить электромагнитное излучение мощностью несколько мегаватт. Благодаря длине волны около 1 мм, излучение можно сфокусировать на небольшом объекте и разогреть его до огромной температуры.

Изначально в проект были заложены 24 гиротрона. Европа должна была изготовить шесть из них, Индия – два, Япония и Россия – по восемь. «Восемь российских гиротронов изготовлены, четыре поставлены во Францию, три смонтированы. Япония изготовила и поставила восемь гиротронов. Два собраны, один проходит испытания. Европейский гиротрон ИТЭР пока не принял. Индия планирует поставить гиротроны российской разработки – просто закупить у нас», – сообщил газете «Страна Росатом» заведующий лабораторией Института прикладной физики РАН Андрей Фокин.

Два года назад из-за сложностей согласования с французским регулятором руководство ИТЭР приняло решение отказаться от бериллия в качестве материала первой стенки и заменить его вольфрамом. После этого значение гиротронов для ИТЭР значительно выросло: было решено увеличить их совокупную мощность с 20 до 80 МВт. ИТЭР подписал в 2025 году с Россией и Японией контракты на изготовление и поставку дополнительных 40 гиротронов – по 20 от каждой



Татьяна ТЕРЕНТЬЕВА, Пьетро БАРАБАСКИ, Анатолий КРАСИЛЬНИКОВ

страны. «Возможно, мы и японцы получим заказ еще на четыре комплекса, если другие участники проекта с задачей не справятся», – добавил Андрей Фокин.

С опережением графика

В конце июня в штаб-квартире Международной организации ИТЭР прошло 38-е заседание Совета ИТЭР. Отмечено, что реализация проекта идет с существенным опережением графика, это результат слаженной работы международной команды проекта. «Темпы сооружения этой уникальной установки резко выросли. Для их соблюдения и в дальнейшем необходимо строгое выполнение всех взятых обязательств каждой из сторон, а они серьезно увеличились. Надеюсь, что все высокотехнологичные компоненты смогут быть доставлены сюда из

России в строгом соответствии с графиком, невзирая на известные ограничения», – прокомментировал директор направления научно-технических исследований и разработок «Росатома» и член Совета ИТЭР от России Виктор Ильгисонис.

Осенью 2026 года российский Проектный центр ИТЭР планирует отправить на площадку стойки управления гиротронными комплексами. Это будет самая крупная поставка в 2026 году, связанная с этими устройствами. В этом году также предусмотрено несколько других крупных отправок.

Источник:

<https://rosatomnewsletter.com/ru/2026/07/30/a-fusion-boost-for-gyrotrons/>

Фото: копирайт

«Организация ИТЭР»

«Госкорпорация «Росатом».



«Прорыв» делает ставку на пирохимическую переработку ОЯТ



На первом Всероссийском съезде по высокотемпературной электрохимии, который проходил в Екатеринбурге с 30 июня по 3 июля, руководство проекта «Прорыв» официально озвучило позицию: только пирохимическая переработка отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) обеспечит двухкомпонентной энергетике будущего необходимые экономические преимущества. Как повлияет пирохимическая переработка ОЯТ на технологии рефракции ядерного топлива? Мы спросили об этом у Михаила Скупова — руководителя объединенного отраслевого проекта «Разработка твэлов и ТВС со СНУП-топливом», заместителя гендиректора Бочваровского института.

– Что означает переход на пирохимическую переработку ОЯТ для разработчиков смешанного нитридного уран-плутониевого (СНУП) топлива для быстрых реакторов?

– С точки зрения традиционных топливных технологий пирохимия – не лучший вариант переработки, поскольку на выходе получаются плотные, плохо измельчающиеся порошки. Трудно из этих порошков делать топливные таблетки. Такие порошки плохо спекаются, поскольку представляют собой кристаллы. Они плохо диффундируют и не растворяются в матрице топлива. Это приводит к тому, что в топливе наблюдается неомогенность распределения компонентов. Лучше работать с порошком с высокой удельной поверхностью, с мелким зерном, которое хорошо формуется, хорошо спекается в высокотемпературной печи и обеспечивает требуемую плотность топливных таблеток.

С другой стороны, есть инновационные технологии – например, метод высоковольтной электроимпульсной консолидации (ВЭИК). Он позволяет наиболее эффективно компактировать именно такие порошки, какие получаются при пирохимической переработке. Кроме того, ВЭИК позволит нам сэкономить, совместив технологические процессы прессования и спекания топливных таблеток в одном переделе. Учитывая тот факт, что на выходе с процесса переработки предлагается получать непосредственно нитридные порошки, я вижу преимущество пирохимии для производства топли-

ва как раз таки в возможности более эффективного применения ВЭИК. Исключение сразу двух технологических переделов дает серьезные основания полагать, что производство нитридного топлива будет экономически эффективнее производства традиционного таблеточного при паритетных параметрах производительности. На бумаге экономический эффект рассчитать не сложно, но, чтобы его доказать, нужен пилотный технологический участок.

– Ученые обсуждают трансмутацию кюрия в жидкосолевым реакторе. А почему нельзя сделать кюриево топливо для бридеров?

– Содержание кюрия в ОЯТ очень незначительно – гораздо меньше 1 %. Однако этот элемент – один из ярких представителей минорных актинидов, которые вносят основной вклад в радиотоксичность облученного топлива. Если америций и нептуний мы уже сегодня предполагаем вовлекать в топливный цикл быстрых реакторов, то с кюрием есть две проблемы: высокие энерговыделение и нейтронный фон. Высокая температура, обусловленная наличием кюрия в топливе, при технологических операциях меняет условия работы оборудования, а нейтронное излучение требует принципиально другой биологической защиты. Это неоправданно дорого, требует полной переработки топливных технологий. Скорость трансмутации и эффект от выжигания, который мы ожидаем, скорее всего, не окупят те затраты, которые повлечет повторное вовлечение кюрия в топливный цикл.

Кюрий имеет достаточно короткий период полураспада. Ранее планировалось его хранить в течение 70 лет, пока большая часть кюрия не распадется в плутоний, который можно возвращать в топливный цикл. Однако хранение кюрия – дело очень сложное, как и последующее обращение с ним. Требуется специальное оборудование и технологии. Так что хранение тоже не выглядит экономически эффективной стратегией.

– Как кюрий хранят сейчас?

– Сейчас его в основном специально не выделяют из ОЯТ. Промышленная технология выделения кюрия только разрабатывается.

– Давайте представим многокомпонентную ядерную энергетику будущего. Какое место, по-вашему, в ней будут занимать быстрые реакторы?

– В части быстрых реакторов время концептуальных рассуждений уже прошло – существуют конкретные программы сооружения и ориентировочные графики ввода в эксплуатацию. Реакторы на быстрых нейтронах, работающие в замкнутом топливном цикле, будут занимать центральное место в многокомпонентной энергетике будущего. Открытый топливный цикл требует постоянной добычи и обогащения урана, ресурсная база ограничена, замыкание цикла и переход на быстрые реакторы с точки зрения расширения сырьевой базы атомной энергетики неизбежны.

Источник: <https://strana-rosatom.ru/2026/08/05/proryv-delaet-stavku-na-pirohimimi/>

Алексей Лихачев: АЭС по российским проектам могут работать в условиях аномальной жары



В последние дни СМИ много пишут про трудности в работе зарубежных АЭС на фоне жары и низкой водности. «Страна Росатом» узнала у гендиректора «Росатома» Алексея Лихачева, насколько технологии госкорпорации устойчивы к работе в таких условиях.

Российские АЭС работают штатно в летний максимум нагрузок, выработка идет стабильно.

«Жаркая погода, конечно, всегда требует от эксплуатирующей организации повышенного внимания к режимам охлаждения. Но для нас это скорее обычный сезонный фактор. Российские станции спроектированы и эксплуатируются с учетом того, что климатические условия могут быть очень разными, в том числе экстремальными», – рассказал Алексей Лихачев.

Он подчеркнул, что «Росатом» умеет строить и эксплуатировать АЭС в самых разных климатических зонах – от Арктики до пустыни.

«У нас есть северные Кольская, Билибинская и плавучая АЭС, есть проекты в умеренном климате, есть станции и проекты для жарких, засушливых регионов – например, «Эль-Дабаа» в Египте. Каждый такой проект изначально разрабатывается под конкретную площадку – с учетом температуры воздуха, гидрологии, ветровых условий, особенностей водоснабжения, сеймики и других природных факторов», – отметил он.

Устойчивость станции в жару или при низкой водности обеспечивается набором инженерных решений. Например, отводить тепло от конденса-

торов турбин помогает прямоточная система охлаждения, когда вода забирается из внешнего источника и после использования возвращается обратно, либо оборотная система, представляющая собой замкнутый цикл с многократным использованием воды, охлаждаемой различными способами. На российских АЭС для этого применяются башенные испарительные градирни, вентиляторные градирни и брызгальные бассейны.

На современных блоках важную роль играет автоматизация. Системы управления в реальном времени отслеживают температуру, давление, расход теплоносителя и другие ключевые параметры. А на ряде новых станций автоматика уже не только фиксирует отклонения, но и помогает оптимизировать режимы работы оборудования, чтобы не доводить ситуацию до предельных состояний.

«Если говорить о конкретных примерах, то на Нововоронежской АЭС-2 используются башенные испарительные градирни высотой порядка 171 м – по одной на энергоблок. На Курской АЭС-2 применены градирни еще выше, до 179 м, что дает примерно 22-процентное увеличение мощности теплоотвода. На Ленинградской и Балаковской АЭС в систему охлаждения

включены брызгальные бассейны», – рассказал Алексей Лихачев.

Он отметил, что самый показательный пример с точки зрения жары – это Ростовская АЭС, самая южная в стране.

«Там условия действительно непростые: летом температура воздуха может подниматься выше 40 °С, а почва прогреваться до 60 °С. После выхода станции на полную мощность было выявлено, что в самые жаркие периоды температура технической воды на блоках №3 и 4 оказывается выше оптимальной. Решением стало сооружение небольшого комплекса вентиляторных градирен, который введен в эксплуатацию в 2021 году. Эти градирни работают вместе с основными и в пиковые периоды жары принудительно усиливают теплообмен, позволяя не снижать мощность энергоблока и сохранять стабильную выработку. Сейчас аналогичный комплекс достраивается для энергоблока №4, ввод в промышленную эксплуатацию запланирован на 2027 год», – поделился глава госкорпорации.

Маловодность и засуха не являются непреодолимыми препятствиями для работы современных АЭС, построенных по российским проектам, добавил Алексей Лихачев.

«Даже в условиях аномальной жары станции продолжают работать надежно и безопасно на 100 % номинальной мощности. Так по выработке электроэнергии в России в этом году мы идем с опережением баланса ФАС на 7,8 %, а общий объем выработки с начала года составил уже 129,6 млрд кВт·ч», – сказал в завершение Алексей Лихачев.

Источник: <https://strana-rosatom.ru/2026/08/07/aleksey-lihachev-aes-po-rossijskim-pro/>

Фото: <https://atommedia.online/копирайт> Курская АЭС.



Курская АЭС

Человек верных решений



Ровно через неделю после празднования Яблочного Спаса руководители филиалов и членских организаций Казэнергопрофсоюза собрались в городе Текели, где на базе ТЭЦ прошел региональный семинар-совещание, и где наряду с другими вопросами была прослушана лекция на тему: «Изменение в трудовом законодательстве Республики Казахстан в 2026 году».

Естественно, все коллеги горячо поздравили председателя ОО «Локальный профсоюз работников ТОО «Казцинк-ТЭК», заместителя генерального директора ТТЭЦ по экономике Станислава Долгалева с завершением третьего этапа модернизации старейшей Станции страны, имеющей славу «яблочной», так как полностью утопает в яблоках.

А модернизировать было что: за 67 лет эксплуатации износ основного оборудования энергокомплекса оценивался примерно в 67 %. При этом ТЭЦ оставалась критически важным объектом: она является источником теплоснабжения города, а ее надежность напрямую влияет на устойчивость всей городской инфраструктуры. Получалась ситуация, знакомая многим промышленным городам: объект, созданный в другой технологической эпохе, должен был продолжать работать в совершенно новых экономических условиях.

В 2025 году на объекте ввели три газотурбинные установки общей мощностью 36 МВт. Первые две установки дали 24 МВт, затем была введена третья мощностью 12 МВт. Финальный этап пришелся на 2026 год.

В августе были введены в эксплуатацию три котла-утилизатора и паровая турбина с генератором мощностью 17 МВт. В результате общая дополнительная установленная мощность, полученная в рамках проекта, достигла 53 МВт. И во главе всех финансово-организационных работ находился профсоюзный лидер Станции.

– У меня выбор был невелик, – смеется Станислав Анатольевич. – Я родился, вырос, состоялся как человек и специалист в городе. Про нас говорят: у текелийцев вместо крови бежит сидр. И работать пошел на Станцию потому, что все мои знакомые уже работали здесь. Станция для меня – наследие, которое нужно беречь и развивать.

С 2004 года С. Долгалёв работает в ТОО «Текелийский энергокомплекс».

Все эти годы он выделялся грамотным и ответственным подходом к делу, чем и заслужил авторитет среди коллег. Признание коллективом заслуг молодого специалиста выразилось в избрании его в 2015 году председателем профсоюзной организации ТОО «Текелийского энергокомплекса», где он зарекомендовал себя грамотным, инициативным и принципиальным руководителем, способным эффективно отстаивать интересы работников. Под его руководством профсоюзный комитет выстроил конструктивный диалог с администрацией предприятия. При активном участии разработан и заключен Коллективный договор, содержащий расширенный пакет социальных гарантий, включая ежегодные выплаты к отпуску на лечение персонала.

Заключенный коллективный договор находится под постоянным контролем профкома, что позволяет обеспечивать безопасные условия труда и дополнительные социальные гарантии для работников.

Благодаря личной энергии Станислава Анатольевича за последние годы профсоюзное членство на комплексе увеличилось до 70 % и стабильно растёт.

Откуда берутся силы и на работу, и на все остальное, что оттеняет насыщенную жизнь? «Моя семья – это самый главный и дорогой подарок в моей жизни, – считает Станислав. – У меня трое детей: две дочери и сын. В нашем доме всегда пахнет уютом, звучит искренний смех и чувствуется поддержка в любой ситуации. Мы все такие разные, но вместе мы – единое целое, крепкая команда, где каждый готов прийти на помощь. Я безмерно горжусь своими близкими и дорожу каждым мгновением, проведенным рядом с ними».

С. Долгалев фанатично предан не только семье, профессии, но и городу. Он прав в том, что есть города, чью историю можно прочитать по промышленным объектам. Текели – один из них. Здесь горы, рудники, металлургия и энергетика на протяжении десятилетий составляли единую систему. А в центре этой системы находилась Текелийская ТЭЦ – станция, которая десятилетиями обеспечивала город теплом и электроэнергией.

За два года здесь появились 53 МВт новой генерации. Износ оборудования удалось сократить почти вдвое. На одной площадке теперь сосуществуют угольная ТЭЦ и современный парогазовый блок. Для объекта, который начал работать еще в 1959 году, это фактически новая глава. И, возможно, главный вопрос ближайших лет будет заключаться уже не в том, выдержит ли ТЭЦ следующий отопительный сезон. Вопрос будет гораздо амбициознее: сможет ли новая энергия стать двигателем новой экономики Текели? Потому что электростанция может вырабатывать мегаватты. Но настоящее будущее города начинается тогда, когда эти мегаватты превращаются в работающие предприятия, новые рабочие места, устойчивую инфраструктуру и качество жизни.



Именно в этом сегодня заключается вторая жизнь Текелийского энергокомплекса, где социально-экономические интересы работников и их материальное содержание стало гораздо лучше с началом модернизации.

– Мы изначально заложили в проект модернизации социальный аспект. По-другому попытки удерживать опытных и квалифицированных специалистов не представлялось возможным, – убежден С. Долгалев. – Поэтапное повышение заработной платы и квалификационных выплат позволили возродить интерес к профессии энергетика и привлечь в отрасль молодые перспективные кадры. Сегодня средняя заработная плата составляет 360 000 тенге с дальнейшим ростом в будущем. Уже сейчас вместе с работодателем думаем над обновлением пассажирского транспорта, чтобы нашим работникам было комфортно добираться по маршруту: дом-работа-дом. Уверен, наши работники достойны всех возможных социальных благ.

По мнению Станислава Анатольевича, ограничивать себя оказанием материальной помощи, поддержкой при лечении, организацией мероприятий для детей работников, новогодних и иных культмассовых вечеринок будет к деградации профсоюзной организации. Поездки по обмену опытом работы в составе делегации Казэнергопрофсоюза в Санкт-Петербург и Литву запитали его новыми идеями и инициативами.

– Нельзя ограничивать себя в социально-культурных рамках, – считает профсоюзный лидер, – наоборот, нужно стремиться вырваться оттуда и осознать важность именно правового спектра профсоюзной деятельности. Я согласен с мнением председателя Казэнергопрофсоюза Оразбека Бекбаса о том, что профсоюз в первую очередь нужен для заключения коллективного договора и контроля за его неукоснительным исполнением. Безопасный труд, комфортные условия деятельности, достойная заработная плата и весомый социальный пакет – вот за этим нужно мне следовать, и только потом организовывать турпоездки и все остальное.

Сегодня у кавалера медали «Ерен еңбегі үшін», полученной, кстати, за достижения в профсоюзной деятельности, много забот и тревог: как обеспечить безболезненный переход персонала к парогазовой генерации; как обучить работе в новых условиях, когда энергия одного и того же топлива последовательно работает сразу в нескольких звеньях технологической цепочки; как перезагрузить сознание работников, чтобы они приняли новую технологию; как обучить их, чтобы исключить несчастные случаи.

Думается, Яблочный Стас, как его любя называют профсоюзные коллеги, найдет решение. Ведь находит же время для занятия любимым велосипедным спортом, для путешествий по просторам страны на своей машине. Он уверен – у него все впереди.

Портрет профсоюзного лидера

Золотинка

Ее так и называют. За имя Алтын. За идеи, порой кажущимися сумасбродными, которыми постоянно забита ее голова. За стойкость. За принципиальность. За силу. Лидерскую.

Она не обижается – гордится. Потому что знает, что в жизни все преходяще, не считая золота. Оно всегда в цене.

Алтын Гимрановна утверждает, что жизнь человека определяют его детские увлечения. Она с детства являлась папиной помощницей в нескончаемых домашних делах.



Однажды, в пятом классе, она самостоятельно починила неработающий утюг.

– Кажется, мне срочно нужно было погладить вещи и бежать в них на какое-то мероприятие, – вспоминает Алтын Гимрановна, – Поскольку ни двоих старших братьев, ни двоих старших сестер дома не было, а папа находился на работе, пришлось самостоятельно чинить сломанный утюг – разобрать, найти причину поломки и устранить ее. Погладилась и успела сходить куда надо. Это было мое первое знакомство с электрическим прибором и энергетикой вообще.

Официально в энергетике она находится уже более 40 лет. В 1984 году А. Джумажанова поступила в Астраханский электротехникум, окончила его в 1987 по специальности «техник электросвязи» и распределилась в районный узел связи электромехаником. В том же году перевелась оператором АСУ в РЭУ «Гурьевэнерго» и окончательно прикипела к профессии энергетика.

Сегодня ТОО «Атырау Жарык» – это крупная энергетическая компания в Казахстане, которая передает, распределяет и продает электрическую энергию жителям и предприятиям города Атырау и Атырауской области. Это более 3500 работников, из которых членами профсоюза являются 1453. Алтын Джумажанова – проверенный годами лидер этих людей, ведущий их профсоюзным путем с 2000 года, ког-



да на профсоюзной конференции коллектив ТОО «Атырау Жарык» избрал ее председателем Атырауского территориального филиала «Казэлектропрофсоюз», ныне преобразованного в Атырауский территориальный филиал № 1 Казэнергопрофсоюза.

До своего избрания она уже в течение пяти лет руководила профсоюзной организацией, правда, без отрыва от производства, но под опекой своего главного учителя в жизни, Дмитрия Степановича Пучиняна.

– Наставник не уставал повторять: хочешь быть услышанной – научись слышать других, открой навстречу сердце, – в глазах Алтын Гимрановны появляется грустинка. – Я тогда работала электромонтером диспетчерского оборудования и телеавтоматики МС СДТУ (Местная служба средств диспетчерского телеуправления) 6 разряда, но всегда хотела быть на людях, жить с ними на одной волне, отстаивать их права и интересы, была активисткой. Вот Дмитрий Степанович и заметил, стал пичкать литературой, учить премудростям работы с людьми.

Складывается ощущение, что первый слиток золота в этот алтын-толабас (данный тюркизм в русском языке означает «дар», «сокровище») закинул именно Д. Пучинян и через пять лет отправил ее с возом даров в жизнь. Сейчас этот караван опыта прибыл на место назначения и дары вовсю раздаются.

И все потому, что есть непреложная истина – чем больше раздаешь, тем больше тебе возвращается стoriцей.

А. Джумажанова в принципе не согласна с еще не изжитым взглядом на профсоюзную деятельность как на раздачу новогодних подарков, выделение путевок и сбор членских взносов. Она считает такой подход дилетантским и глубоко ошибочным, горячо утверждая, что профсоюзная работа многогранная, тонкая и сложная, поскольку затрагивает человеческие отношения, безопасность и комфортные условия труда.

– В целом, профсоюзная работа в энергетике сводится к обнулению профессиональных рисков, полной защите здоровья и жизни при сменном графике и тем самым удержанию дефицитных технических кадров в отрасли, – убеждена Алтын Гимрановна. Для этого я придерживаюсь семи приоритетов с подпунктами: охрана труда и производственная безопасность, забота и мотивация, обучение и развитие, поддержка при специфических условиях труда, закрепление кадров и мотивация молодежи, борьба с производственным

травматизмом и борьба с низкими зарплатами.

Но самая главное направление профсоюзной деятельности – это отмена деления энергетики на подотрасли по зарплате и содержанию, на уровне материального содержания в частных и государственных компаниях, а также региональные уровни. Везде и всюду в энергетике занимаются одним и тем же, в любом уголке страны люди одинаково нуждаются в свете и тепле, а значит и энергетик должен получать за свой труд одинаково достойно.

Впрочем, убежденность в чем-то А. Джумажановой никого не удивляет, в первую очередь, ее саму. Например, она глубоко верит, что поступила правильно, когда после окончания 10 классов поехала в Ленинград поступать в техникум легкой промышленности на бухгалтера и не пошла на экзамен в знак солидарности с провалившейся подругой и, прогуляв целую неделю в этом прекрасном городе, приехала обратно домой. Абсолютно уверена в правильности опекуна над племянником и племянницами после смерти старшего брата и снохи. Сейчас все три девочки уже

замужем, племянник – отец троих детей и живет с семьей под одной крышей с тетей.

Профсоюзный лидер совершенно не сомневается в том, что ее способность к виртуозному шитью передана генами от бабушки Курмаш, лучшей швеи Прикаспийской низменности. Поэтому все свободные часы от работы посвящаются творчеству в рамках национального ремесла «Құрак» – «Лоскутное шитье». Это бабушка научила ее шить, вязать на спицах, изготавливать одеяла и корпешки, ткать казахские ковры алаша из войлока, плести шашбау, обшивать куклы. Сейчас А. Джумажанова учится росписи батиком по шелку.

Вот так полноценно живет и работает профсоюзный работник, не разделяя свою жизнь на работу и увлечения, а наоборот, искусно вплетая их в яркий и притягивающий взор «құрак» жизни. Казалось бы, портфель наград распух, авторитет незыблем, сила профсоюзной организации растет день ото дня. Пора бы остановиться и успокоиться. Но нет, Алтын Гимрановна считает, что рано. Люди ждут алтын-толабаса. Караван должен идти дальше.



Центральное диспетчерское управление АО «ОЭСК»: управление энергосистемой в режиме реального времени



Болат Тилеуханович ТАЙТИКОВ

Начальник Центрально-диспетчерского управления АО «ОЭСК»

Надежность электроснабжения начинается не только с исправного оборудования и состояния электрических сетей. За устойчивой работой энергосистемы стоит система оперативно-диспетчерского управления, в которой каждое решение требует точности, высокой квалификации и ответственности.

История диспетчерского управления в регионе берет свое начало в 1960-х годах, когда в стране началось строительство крупных узловых подстанций и формирование единой системы управления электроэнергетикой. В Восточном Казахстане и на территории современной области Абай одним из ключевых предприятий было Производственное энергетическое объединение «Алтайэнерго», объединявшее генерирующие станции - ГЭС и ТЭЦ – и распределительные электрические сети.

Центральное диспетчерское управление «Алтайэнерго» осуществляло комплексное оперативное

управление энергосистемой - от генерации и передачи электрической энергии до ее распределения и электроснабжения конечных потребителей.

В 1997 году в электроэнергетической отрасли Республики Казахстан была проведена реорганизация системы управления. Было создано АО «KEGOC», на которое возложены функции системного оператора Единой электроэнергетической системы страны. Одновременно была сформирована многоуровневая система оперативно-диспетчерского управления.

Сегодня ее основу составляют Национальный диспетчерский центр, Региональные диспетчерские центры, Центральные диспетчерские управления распределительных энергокомпаний и оперативно-диспетчерские группы районов. Такая структура обеспечивает последовательное управление энергосистемой на различных уровнях и позволяет координировать работу электрических сетей в едином технологическом режиме.

Оперативное управление электросетевым комплексом

Центральное диспетчерское управление Акционерного Общества «Объединённая ЭнергоСервисная Компания» обеспечивает оперативное управление электрическими сетями напряжением от 0,4 до 220 кВ на территории Восточно-Казахстанской области и области Абай.

Специалисты ЦДУ в круглосуточном режиме контролируют нагрузку, уровни напряжения и перетоки мощности, координируют работу подстанций и линий электропередачи, обеспе-

чивают соблюдение установленных режимов и надежность электроснабжения потребителей.

Работа осуществляется в тесном взаимодействии с системным оператором Республики Казахстан – АО «KEGOC», осуществляющим управление магистральными электрическими сетями страны. Четкое исполнение диспетчерских команд, соблюдение режимных требований и оперативный обмен информацией являются важнейшими условиями поддержания баланса мощности и устойчивости энергосистемы.

При возникновении технологических нарушений именно диспетчерская служба становится одним из ключевых звеньев оперативного реагирования. Специалисты определяют характер и место повреждения, организуют необходимые переключения, координируют действия оперативно-выездных бригад и обеспечивают восстановление электроснабжения.

Оперативность принятия решений имеет особое значение в условиях резко континентального климата и значительной протяженности электрических сетей. От слаженности действий

диспетчерского персонала напрямую зависит продолжительность отключений и скорость восстановления электроснабжения предприятий, социальных объектов и жилого сектора.

Не менее ответственным направлением является планирование вывода оборудования в ремонт. Ни одна подстанция или линия электропередачи не выводится из работы без предварительного анализа схемы, оценки резервирования и проверки надежности электроснабжения потребителей.

Масштаб, который требует точности

В оперативном управлении ЦДУ и оперативно-диспетчерских групп АО «ОЭСК» находятся:

- 34 264 км линий электропередачи напряжением 0,4-220 кВ;
- 312 подстанций напряжением 35 кВ и выше;
- 6 428 трансформаторных подстанций и комплектных трансформаторных подстанций;
- общая трансформаторная мощность – 4 965 МВ·А.

Ежегодно диспетчерская служба выполняет в среднем более 12 000 оперативных переключений и порядка 2 000 согласований заявок на вывод оборудования в ремонт.

За каждой цифрой стоят конкретные технологические решения, анализ текущего режима и ответственность за последствия каждого действия. Работа диспетчера требует не только глубоких профессиональных знаний, но и способности быстро оценивать ситуацию, принимать решения в условиях дефицита времени и сохранять устойчивость при возникновении нештатных ситуаций.



Специалисты ЦДУ регулярно проходят обучение и противопоаварийные тренировки, в ходе которых отрабатываются действия при различных сценариях нарушения нормального режима работы сети.

Новый уровень оперативного управления

Современная электроэнергетика предъявляет все более высокие требования к скорости получения информации, точности анализа и оперативности принятия решений. Поэтому одним из приоритетных направлений развития АО «ОЭСК» становится цифровизация оперативно-диспетчерского управления.

В компании активно развиваются системы телеметрии, SCADA и современные микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики. Их применение позволяет получать технологическую информацию в режиме реального времени, повышать качество контроля параметров электрической сети и сокращать время реагирования на изменения режима.

В рамках этого направления в АО «ОЭСК» реализован проект по созданию нового диспетчерского центра Центрального диспетчерского управления в городе Усть-Каменогорске.

Новый объект предназначен для обеспечения современного уровня мониторинга и управления электросетевым комплексом компании.

Технологической основой нового диспетчерского центра стал программно-технический комплекс автоматизированного технологического управления на базе СК-11, интегрированный с мультимедийной видеостеной высокого разрешения.

Поэтапная реализация проекта
Проект создания нового диспетчерского центра реализуется поэтапно.

В 2025 году были выполнены основные строительные работы: возведено двухэтажное здание общей площадью 558 кв. м, предназначенное для размещения Центрального диспетчерского управления.

Выполнена подготовка основания под технологическое оборудование, поставлены основное серверное оборудование, лицензионное программное обеспечение и современные операционные системы. Одновременно сформирована единая информационная модель электрической сети АО «ОЭСК» напряжением 35-220 кВ.

В 2026 году введена в эксплуатацию мультимедийная видеостена LEYARD размером 3х7 метров. Она обеспечивает визуальное отображение схемы электрической сети 35-220 кВ и оперативной информации о состоянии электросетевого комплекса в режиме реального времени.

Следующим этапом предусмотрено оснащение диспетчерского центра дополнительным серверным оборудованием, автоматизированными рабочими местами и специализированной офисной мебелью.

Цифровые технологии как инструмент оперативности

По словам начальника управления режимов и цифровизации электрических сетей АО «ОЭСК» Татьяны Албул, развитие цифровой инфраструктуры непосредственно связано с повышением качества оперативного управления.





**Татьяна Албул,
начальник управления
режимов и цифровизации
электрических сетей АО «ОЭСК»:**

«Для диспетчера принципиальное значение имеет возможность получать полную и достоверную информацию о состоянии электрической сети в режиме реального времени.

Современные средства визуализации позволяют представить значительный объем оперативной информации на единой платформе. Это способствует повышению оперативности анализа складывающейся ситуации и принятию соответствующих решений.

Особое значение такая система приобретает при возникновении технологических нарушений. Цифровые инструменты позволяют оперативному персоналу быстрее определить участок сети, оценить ситуацию и организовать необходимые действия.

При создании нового диспетчерского центра также учитывались требования к организации круглосуточной работы специалистов. Современные автоматизированные рабочие места, визуальные средства отображения информации, акустические и климатические решения создают необходимые условия для эффективной работы оперативного персонала».

**Технологическая
и строительная основа**

Создание диспетчерского центра потребовало комплексного подхода, поскольку объект сочетает строительную, инженерную и технологическую инфраструктуру.

Как отмечает начальник управления капитального строительства АО «ОЭСК» Ержан Ескужинов, ос-

новной задачей проекта было создание современной инфраструктуры, соответствующей требованиям к размещению технологического оборудования и организации работы Центрального диспетчерского управления.

**Ержан Ескужинов,
начальник управления капитального строительства АО «ОЭСК»:**

«Реализация проекта включала комплекс строительных, инженерных и технологических мероприятий. На первом этапе было возведено двухэтажное здание общей площадью 558 квадратных метров.

При выполнении строительных работ учитывались требования к размещению технологического и серверного оборудования, автоматизированных рабочих мест, инженерных систем и другой инфраструктуры, необходимой для функционирования диспетчерского центра.

Поэтапная реализация проекта позволила последовательно сформировать строительную и технологическую основу объекта, обеспечить установку ключевого оборудования и перейти к дальнейшему оснащению рабочих мест специалистов.

Создание такого объекта требует комплексного подхода, поскольку диспетчерский центр представляет собой не только административное помещение, но прежде всего технологический объект, обеспечивающий выполнение важнейших функций оперативного управления электросетевым комплексом».

**Управление энергосистемой –
от опыта к цифровому развитию**

Развитие Центрального диспетчерского управления АО «ОЭСК» отражает общую трансформацию энерге-

тической отрасли - от традиционных методов оперативного управления к цифровой модели, основанной на постоянном мониторинге, обработке больших объемов технологической информации и повышении скорости принятия решений.

Формирование единой информационной модели сети, развитие телеметрии, внедрение современных систем автоматизации и обновление инфраструктуры диспетчерского управления создают технологическую основу для дальнейшего повышения эффективности работы электросетевого комплекса.

При этом цифровые решения не заменяют профессиональную компетентность диспетчера. Напротив, они расширяют возможности специалистов, предоставляя им более полную картину состояния сети и инструменты для оперативного анализа.

Сегодня Центральное диспетчерское управление АО «ОЭСК» – это круглосуточно действующий центр управления и аналитики, объединяющий технологические системы, современные цифровые решения и профессиональную команду.

Здесь принимаются решения, которые непосредственно влияют на устойчивость энергоснабжения Восточно-Казахстанской области и области Абай.

За километрами линий, сотнями подстанций и тысячами оперативных переключений стоят люди, чья работа остается незаметной для большинства потребителей. Однако именно от их точности, профессионализма и способности действовать в нужный момент зависит одно из главных условий современной жизни – надежное электроснабжение.

Анонс Форума «КазЭнергоОТП-2026»

Сергей АГАФОНОВ
Председатель ОЮЛ «Казахстанская ассоциация
энергоремонтных, проектных, инженеринговых компаний
и производителей энергетического оборудования» (КАЗЭПИ)



23 октября 2026 года в Алматы состоится ежегодный, третий по счету, форум отечественных товаропроизводителей в энергетике – «КазЭнергоОТП», который, по приглашению организаторов PowerExpo Almaty, второй год подряд будет проводиться на площадке этой масштабной международной выставки.

«Как стать поставщиком для АЭС «Балхаш»?» – одна из панельных сессий форума и, вероятно, один из наиболее актуальных, на сегодняшний день, запросов со стороны казахстанского бизнеса.

Какие категории товаров, работ и услуг могут быть востребованы при строительстве АЭС «Балхаш»?

Какие требования будут предъявляться к казахстанским поставщикам?

Как отечественным товаропроизводителям подготовиться к предварительному отбору?

Как будет работать Центр мониторинга местного содержания при ТОО «Казахстанские атомные электрические станции»?

Какие стандарты, сертификаты и производственные компетенции необходимы для участия в проекте строительства АЭС «Балхаш»?

Может ли участие в проекте АЭС «Балхаш» открыть для казахстанских компаний выход на международный рынок атомной энергетики?

Это наиболее важные вопросы, на которые попытаются ответить организаторы сессии, а также приглашенные на нее спикеры.

При этом, успешный опыт при строительстве АЭС «Аккую», а официальные показатели Министерства энергетики Турции демонстрируют очень глубокое вовлечение местной промышленности в указанный проект, дают все основания полагать, что де-кларированная 30%-ная доля локализа-

ции для первой казахстанской АЭС – вполне достижимый рубеж.

Нововведением же предстоящего мероприятия станет его формат, объединивший непосредственно отраслевых производителей, а также экспертов в сфере, которую обобщенно можно именовать как «smart» или «умная» энергетика.

Соответственно, одна из панелей форума, организуемая отраслевой ассоциацией «Green Platform Kazakhstan», так и называется: «Smart-энергетика – тренд, меняющий Казахстан».

Кстати, о «Green Platform Kazakhstan»: миссия новой ассоциации – способствовать трансформации энергетики Казахстана, через развитие сферы распределенной генерации на основе ВИЭ, массовое внедрение энергосберегающих технологий и повышение энергоэффективности национальной экономики, а также поддержку казахстанских товаропроизводителей в указанных сферах.

При этом, важно осознавать, что современная smart-энергетика – это не только соответствующие технологии, к числу которых теперь относится масштабная цифровизация отрасли и использование в ней искусственного интеллекта, но и развитие новейших финансовых инструментов, без использования которых задуманная трансформация отрасли рискует просто не состояться.

Так, с высокой долей вероятности можно утверждать, что токенизация в энергетике – реализуемый на базе блокчейна перевод прав на энергетические активы или денежные потоки от них – уже неотъемлемый элемент отрасли в ближайшем будущем.

Еще один отраслевой тренд – развитие распределенной генерации на основе ВИЭ: в Казахстане, как и во всем мире, наступает эпоха доминирования «зеленой» энергетики, кото-

рая требует качественного изменения структуры самой генерации.

Ведь, по соображениям устойчивости энергосистемы, любому вводу в эксплуатацию крупномасштабного проекта в сфере ВИЭ должно сопутствовать сопоставимое изменение объемов распределенной генерации – маломасштабных объектов, «раскиданных» по значительной территории.

Кроме этого, такой подход – размещение части генерации непосредственно у потребителя – позволяет минимизировать потери при передаче электроэнергии, а также способствует достижению локальных энергобалансов в регионах.

Но, перечень того, что предлагается обсудить на «smart»-панели, гораздо шире, и включает в себя следующие аспекты:

Энергосбережение как инструмент снижения нагрузки на инфраструктуру и расходов потребителей.

Внедрение IoT-инфраструктуры и умных технологий в городском освещении, строительстве и ЖКХ.

Искусственный интеллект и цифровые платформы в управлении энергопотреблением.

Роль энергосервисных компаний, AI-разработчиков, финансовых институтов и механизмов ГЧП (модели O&AEPX) в новой энергетике.

Как Green Platform Kazakhstan может стать постоянной площадкой для продвижения smart- и энергоэффективных решений?

КАЗЭПИ и Green Platform Kazakhstan приглашают всех заинтересованных специалистов присоединиться к нашему объединенному форуму, приняв активное участие в интересных и познавательных дискуссиях, итоги которых, возможно, окажут самое непосредственное влияние на формирование новой энергетики Казахстана.

Приглашаем принять участие в XXX Юбилейном Белорусском энергетическом и экологическом форуме



27-30 октября 2026 года при поддержке Министерства энергетики Республики Беларусь впервые на крупнейшей площадке страны – в Минском международном выставочном центре (BELEXPO) состоится XXX Юбилейный Белорусский энергетический и экологический форум, ставший за тридцать лет одной из наиболее авторитетных и масштабных в СНГ площадок развития международного отраслевого диалога и кооперации.

Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь является важнейшей структурной составляющей народного хозяйства страны, обеспечивающей функционирование и развитие экономики, повышения уровня жизни населения.

Обеспечение энергетической безопасности Республики Беларусь, снижение энергоемкости ВВП, обеспечение надежности энергоснабжения отраслей народного хозяйства и населения по экономически обоснованным ценам, являются приоритетным направлением государственной политики в целях обеспечения социально-экономического развития страны.

За прошедшие 30 лет энергетика Республики Беларусь прошла масштабную трансформацию, главными задачами которой были энергосбережение, повышение энергоэффективности, а также снижение потребления импортируемого природного газа за

счет развития новых видов генерации. Изменение топливо-энергетического баланса и структуры генерирующих мощностей привели к повышению доступности энергоснабжения, что оказало глубокое влияние на промышленный и бытовой сектор, изменив их структуру затрат и технологическую базу.

Несмотря на существующие вызовы, энергетика Беларуси успешно продолжает свою устойчивую работу, в опережающем темпе обеспечивая потребность экономики и населения в энергетических ресурсах.

В рамках ключевой дискуссии XXX Юбилейного Белорусского энергетического и экологического форума - Пленарной сессии «Развивая энергетику – развиваем экономику» будут подведены основные итоги развития энергетической отрасли за период независимости Республики Беларусь в контексте их значительного влияния на развитие экономики

страны, включая развитие промышленного кластера, формирование новой городской среды, развитие новых видов транспорта, модернизацию теплоснабжения, создание новых высокотехнологичных и наукоемких цепочек поставок, производств, рабочих мест и иных положительных эффектов, будет обозначен «образ будущего» для отрасли на следующий период. Модератором сессии выступит Председатель Исполнительного комитета Электроэнергетического Совета СНГ Тарас Купчиков.

Вторым знаковым событием в рамках первого дня Форума станет Международный дискуссионный стол высокого уровня «Формула энергетической самостоятельности: экономика, интеграция, развитие», организованный по инициативе Вице-Президента Электроэнергетического Совета СНГ, Министра энергетики Республики Беларусь Дениса Мороза.

В мероприятии ожидается участие Членов Электроэнергетического Совета СНГ – профильных министров государств-участников СНГ, представителей руководства евразийских интеграционных объединений: Союзного государства, СНГ, ЕАЭС, ШОС, приглашенных официальных лиц, а также руководителей системообразующих энергетических компаний государств-участников СНГ.

В контексте актуальных вопросов национального и регионального отраслевого развития участникам дискуссии высокого уровня предлагается обменяться практическим опытом и обсудить:

- в чем состоит Формула энергетической самостоятельности в условиях высокой неопределенности? Каков текущий и потенциальный вклад интеграционных процессов?

- как адаптируется система управления энергетикой (электроэнергетикой) к меняющимся условиям?

- как интеграционные объединения могут способствовать запуску и реализации нового инвестиционного цикла в электроэнергетике с учетом возможностей применения цифровых финансовых инструментов?

По итогам дискуссии планируется выработка практико-ориентированных механизмов поддержки государств-участников со стороны интеграционных объединений с учетом запуска нового инвестиционного цикла в электроэнергетике.



Архитектура Юбилейного Форума состоит из мероприятий деловой программы и международных специализированных выставок «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро» (ENERGY EXPO), «Инновационные промышленные технологии» (Green INDUSTRY), инновационный транспорт «Е-ТРАНС» (eTRANS), «Технологии для нефтехимической отрасли» (OIL & GAS Technologies), «Атомэкспо-Беларусь», «ЭкспоСВЕТ», «Водные и воздушные технологии» и «ЭкспоГород».

Программа Форума на данный момент включает более двадцати мероприятий по основным направлениям развития топливно-энергетического комплекса, включая:

- VIII Научно-практическую конференцию «Электрический транспорт: реальность и перспективы»;

- VI Научно-практическую конференцию «Искусственный интеллект в ТЭК: курс на цифровое будущее»;

- Научно-практическую конференцию «Энергетическая безопасность и инновационное развитие энергетической отрасли»;

- Семинар «Безопасность в энергетической отрасли»;

- Круглый стол «Экология, многобарьерная защита и технологии будущего».

Отдельный блок мероприятий посвящен вопросам развития кадрового потенциала, охране труда и профилактике электротравматизма:

- XXII Белорусско-Российская научно-практическая конференция по вопросам охраны труда;

- Научно-практическая конференция «Подготовка и повышение квалификации инженерных кадров»;

- Дискуссионная площадка «Актуальные методы оценки рискованного поведения персонала в организациях энергетической отрасли»;

- Круглый стол «Профилактика электротравматизма в быту и на производстве»;

- Семинар «Современные подходы реализации школы наставничества в организациях энергетической отрасли»;

- Семинар «Кадры для роста: профориентация и повышение квалификации».

Ряд событий состоится в интерактивном формате:

- Интервью с представителями Министерства энергетики, ГПО «Белэнерго» и ГПО «Белтопгаз» «100 вопросов энергетике»;

- Конкурс «Чемпионат монтажников»;

- Брейн-ринг «Охране труда говорим да!»

- Викторина «Молодежный квиз»;

- Награждение победителей конкурсов «Startup ENERGY-2026» и «Лучшая в профессии».

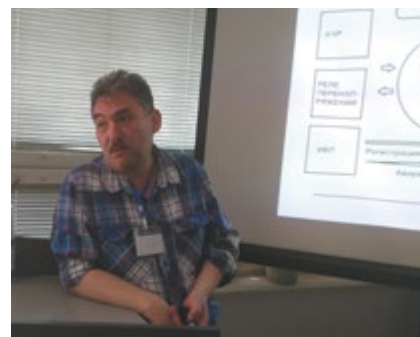
Организаторами мероприятий выступают: Министерство энергетики, Министерство труда и социальной защиты, Госэнергонадзор Республики Беларусь, Исполнительный комитет Электроэнергетического Совета СНГ, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз», ГП «БелРАО», УЦ РУП «Минскэнерго», РУП «Могилевоблгаз», ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ» и ЗАО «Техника и коммуникации».

В 2025 году Белорусский энергетический и экологический форум посетили более 38 000 человек, на площади более 10 000 кв. м была представлена продукция более 200 компаний-экспонентов.

Состоялось 29 конференций, семинаров и круглых столов, в которых приняли участие около 10 000 специалистов, включая офлайн и онлайн форматы. В молодежной программе приняли участие более 2500 учащихся из Азербайджана, Беларуси, Германии, Китая, Кыргызстана, России, Таджикистана, Турции и Узбекистана.

Электронные модули для промышленного применения

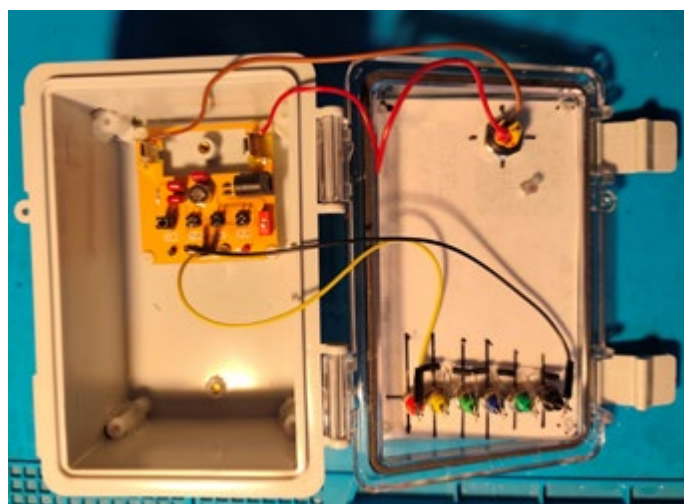
ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТ
TEST
INSTRUMENTS



Дмитрий ТИН,
директор ТОО «Test instruments» и интернет-портала Pribor.kz

Развитие электроники делает возможным создание сложных конструкций и приборов из готовых электронных модулей, как в конструкторе.

В данной статье мы покажем несколько простых конструкций, доступных для повторения в любой лаборатории или любым электриком, которые помогут в работе с измерительной техникой.



1. Простой калибратор постоянного напряжения

Собран на базе готового модуля на чипе AD584. Модуль является источником высокостабильного опорного напряжения 10 Вольт. Калибратор состоит из такого модуля и делителя напряжения из прецизионных резисторов.

Позволяет проверять мультиметры и электронные вольтметры на корректность показаний в диапазоне от 0 до 10 вольт постоянного напряжения с очень высокой точностью.



2. Простой высоковольтный тестер переменного напряжения.

В качестве стабильного источника переменного напряжения применен модуль инвертора TP300W.

В отличие от бытовых инверторов он выдает чистую синусоиду. На выходе инвертора подключена линейка маломощных измерительных трансформаторов.

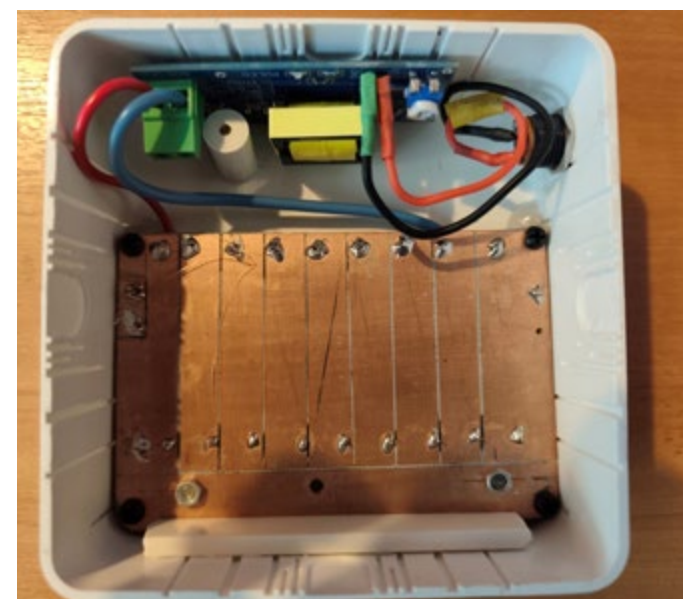


Тестер позволяет оценить корректность показаний и переключение диапазонов мультиметров и цифровых вольтметров до 500 и более вольт:



3. Высоковольтный тестер постоянного напряжения.

Собран на базе модуля HO-8390, являющегося высоковольтным преобразователем постоянного напряжения. К выходу модуля подключен делитель напряжения из тиратронов, однако могут быть подключены любые газоразрядные лампы.



Тестер позволяет оценить корректность показаний мультиметров и цифровых вольтметров до 1000 Вольт.

Надеемся данные примеры вдохновят электриков на создание таких и подобных устройств для создания уверенности в работе измерительной техники.

Электронные модули, корпуса и комплектующие поставляются ТОО «Test instruments» и выложены на портале Pribor.kz. Там же можно найти подробные описания со схемами.

Ознакомиться с данными приборами можно в нашем офисе или на выставках с нашим участием.



ТОО «Test instruments» – более 20 лет поставок измерительной техники в Казахстан.

Адрес: 050060, г. Алматы, ул. Розыбакиева 184, тел. +7 705 229 99 55

www.ti.kz, www.pribor.kz, support@ti.kz

PRIBOR.KZ

ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТ
TEST
INSTRUMENTS

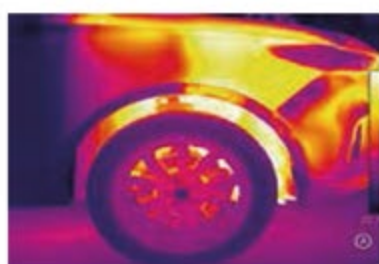
Профессиональные тепловизоры Guide серии PT

Первые в мире камеры с разрешением

более 1 МП



Камеры серии PT оснащены ИК-детектором с разрешением 1280×1024 собственной разработки Guide. Имеют систему ручной и непрерывной автоматической фокусировки для получения более чётких изображений. Современное оснащение и программное обеспечение гарантируют PT серии статус флагмана отрасли.



- Разрешение сенсора до 1280×1024
- Технология сверхвысокого разрешения IR-Perfclear позволяет увеличить разрешение в четыре раза до 2560×2048
- Система непрерывного автофокуса и плавная ручная фокусировка
- Диапазон измерения температур от -40 до 2500 °C
- Сменные объективы (45°, 15°, 7°, 25°, высокотемпературный фильтр, макрообъектив)
- Частота ИК изображения 30 Гц, поддержка передачи радиометрического ИК видео на ПК с частотой 20 Гц
- Новейшая технология создания панорамных изображений



DISTRAN ULTRA Pro

Портативный УЗ прибор для визуализации коронных разрядов и утечек газа



CRY8124 / CRY8125

Портативный УЗ прибор для визуализации коронных разрядов и утечек газа



UVOLLE SC/VC

УФ камера для детектирования коронных разрядов и электрической дуги



ULTRAPROBE 15000

УЗ прибор для мониторинга состояния производственного оборудования



Профессиональные тепловизоры Guide



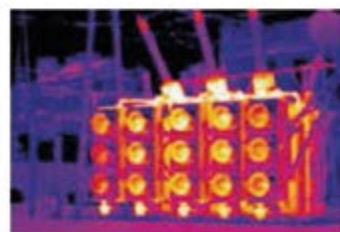
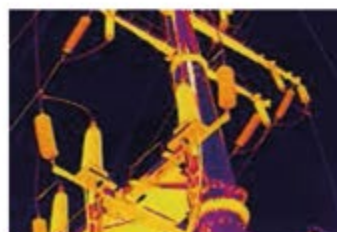
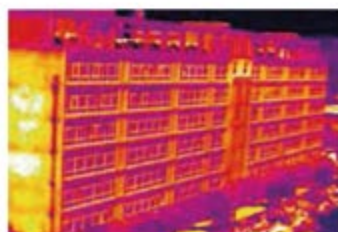
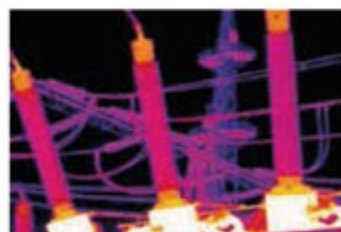
Реклама

серия С

1024×768

Разрешение матрицы

- Частота кадров: до 30 Гц
- Температурные диапазоны измерения. Поддержка автопереключения:
 - от -40 °C до 150 °C
 - от 100 °C до 800 °C
 Дополнительно:
 - от 700 °C до 2000 °C (требуется высокотемпературный объектив)



серия Н

640×480

Разрешение матрицы

- Частота кадров: 30 Гц
- Температурные диапазоны измерения. Поддержка автопереключения:
 - от -40 °C до 150 °C
 - от 0 °C до 650 °C
 Дополнительно:
 - от 500 °C до 2000 °C (требуется высокотемпературный объектив)

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



Новая система диагностики состояния трансформаторов, измеряет концентрации влаги и газов в масле

TRANSFIX DGA 500



Система мониторинга трансформаторного масла

HYDRAN M2-X



Мультигазовый АРГ в режиме реального времени нового поколения GE Kelman DGA 900

DGA900



Портативный анализатор растворенных газов и влаги в трансформаторном масле

TRANSPORT X2



Система комплексной диагностики подстанционного оборудования

TRAX



Тестер релейных защит

SVERKER900



Тестер высоковольтных выключателей

TM1800



Испытательная установка (12 кВ)

DELTA 4000



Измеритель коэффициента трансформации

TTR-3XX



Система контроля изоляции

PCMХ



Система диагностики и локализации мест повреждений кабельных линий

OWTS DAC MV20



Система для локализации дефектов высоковольтных кабелей

SYSCOMPAT 4000



Трассоискатели

RD8200



Микрометр

MOM2



Система для высоковольтных испытаний на сверхнизкой частоте

FRIDA



Диагностика и испытание АКБ

TORKEL 930

ЗА ПОДРОБНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПРИВЕДЕННЫМ НИЖЕ КОНТАКТАМ:



Устойчивые коммуникационные сети в энергетике



1. Введение

Энергетика сегодня переживает настоящую трансформацию. К традиционным электростанциям и привычным линиям электропередачи добавляются солнечные и ветровые генераторы, накопители энергии, микросети, зарядные станции для электромобилей и управляемые нагрузки. Система становится сложнее, динамичнее, а количество объектов, за которыми нужно следить и которыми нужно управлять, растёт с каждым годом.

Для генерирующих компаний цифровая связь – это возможность координировать работу оборудования, проводить удалённую диагностику и обслуживание. Операторам сетей она нужна для систем защиты, противоаварийной автоматики и диспетчерского управления. Распределительные компании используют её для мониторинга сетей, автоматического поиска повреждений, интеллектуального учёта и координации аварийных бригад.

Связь в энергетике перестала быть просто вспомогательным IT-сервисом. Сегодня это полноценная часть производственных технологий, которая напрямую влияет на безопасность, надёжность и скорость восстановления энергоснабжения. Инвестиции в эту область огромны – по прогнозам J.P. Morgan, только в цифровые сетевые технологии в ближайшие десять лет будет вложено около 700 миллиардов долларов. Но эти деньги принесут пользу только в том случае, если цифровые устройства будут надёжно и предсказуемо работать в едином производственном контуре.

2. Что следует понимать под устойчивостью энергетической связи

Надёжность канала обычно описывают доступностью и вероятностью безотказной работы. В настоящий момент этого недостаточно. Коммуникационная система должна предсказуемо сохранять критические функции

при отказах оборудования, повреждении трасс, экстремальной погоде, кибер-атаках, перегрузке сети или потере внешнего энергоснабжения. Поэтому устойчивость энергетической связи включает несколько взаимосвязанных свойств:

- доступность – поддержание заданного уровня сервиса в штатных и аварийных режимах;
- детерминированность – предсказуемые задержка, вариация задержки и доставка приоритетного трафика;
- наблюдаемость – достоверная информация о каналах, устройствах, маршрутах и качестве сервиса;
- восстанавливаемость – автоматическое переключение, возможность временного развертывания и контролируемое возвращение к нормальной топологии;
- киберустойчивость – сохранение критических функций при компрометации отдельных учетных записей, узлов или сегментов;
- автономность – способность локальных защит и автоматических функций продолжать безопасную работу при разрыве связи с центром.

Последнее свойство принципиально важно: сеть связи должна усиливать энергетическую систему, но не превращать каждое локальное устройство в зависимый от центральной платформы элемент. Критические функции защиты и безопасного останова обязаны сохранять локальную логику и четко определенные режимы деградации.

3. Архитектура коммуникационной сети энергетической компании

3.1. Полевой уровень и уровень доступа

На полевом уровне размещаются интеллектуальные электронные устройства (IED), терминалы релейной защиты, RTU, программируемые контроллеры, датчики состояния оборудования, счетчики, камеры и мобильные терминалы персонала. На генерирующих объектах сюда относятся системы мониторинга турбин, генераторов, трансформаторов, собственных нужд и экологических параметров. На подстанциях – устройства защиты, автоматики, синхронизации и измерения. Уровень доступа соеди-



няет эти активы с ближайшим узлом агрегации посредством промышленного Ethernet, специализированных радиосетей, проводных интерфейсов или частных LTE/5G.

3.2. Транспортный уровень

Транспортная сеть (backhaul) передает агрегированный трафик от электростанций, подстанций, базовых центров к диспетчерским и дата-центрам. На этом уровне применяются волоконно-оптические линии, на линиях электропередачи, радиорелейные линии микроволнового диапазона и миллиметровые каналы. Транспорт должен поддерживать заранее заданную схему резервирования, приоритизацию технологического трафика, синхронизацию времени и отдельные классы обслуживания.

3.3. Ядро, технологические платформы и комплексное управление

Ядро обеспечивает маршрутизацию, идентификацию, управление доступом и доставку данных в SCADA, EMS, DMS, OMS, AMI, WAMS, DERMS и системы управления активами. Операционный слой объединяет мониторинг производительности, управление конфигурациями, корреляцию событий и обработку инцидентов. Его назначение – связать телекоммуникационное событие с технологическим последствием: оператор должен видеть не просто деградацию радиосети, а перечень подстанций, защитных функций и производственных процессов, для которых возник риск.

4. Различия требований энергетических приложений

Проектирование только по суммарной пропускной способности приводит к ошибочным решениям. Трафик интеллектуального учета, телезащиты, видеонаблюдения и мобильных бригад имеет различную критичность. Значения в таблице являются инженерными ориентирами; окончательные параметры определяются схемой защиты, классом напряжения, топологией, протоколами, требованиями системного оператора и применимыми стандартами.

5. Почему энергетической компании недостаточно только волоконной сети

Волоконно-оптические линии обеспечивают высокую емкость, низкую задержку и электромагнитную устойчивость. Тем не менее волокно не явля-

ется универсальным ответом. Удаленные подстанции, ветровые и солнечные площадки, временные объекты восстановления и труднодоступные трассы могут находиться вне экономически оправданной зоны строительства. Разрешительные процедуры и земляные работы способны значительно увеличить срок подключения.

Кроме того, физическое резервирование нельзя сводить к двум волокнам в одном кабеле или одной траншее. Одно внешнее воздействие может повредить оба маршрута. Для критических объектов необходим анализ общих точек отказа: трасс, опор, вводов в здания, электропитания, климатического оборудования и сетевого управления.

Наиболее устойчивой является гибридная модель. Волокно используется на магистральных и защищенных направлениях, радиорелейные линии – для независимого резервирования и удаленных объектов, а частные LTE/5G – для мобильного персонала и широкополосного доступа полевых устройств. Радиорелейные микроволновые линии могут обеспечить высокую емкость на коротких участках при прямой видимости, но требуют учета осадков и рефракционных замираний, при расчете качественных показателей радиосети.

6. Стандарты и функциональная совместимость

Для энергетики технологическая совместимость имеет большее значение, чем формальная возможность передать IP-пакет. Стандарт IEC 61850 определяет модели данных, сервисы и системные требования для автоматизации энер-

гетических объектов и коммуникаций между интеллектуальными электронными устройствами. Область применения стандарта расширена от автоматизации подстанций к более широким системам автоматизации электроэнергетики; отдельные части охватывают распределенные энергетические ресурсы и различные генерирующие объекты.

IEC 61850 не отменяет полноценного проектирования системы. Нужно определить функции, проверить конфигурации, протестировать совместимость оборудования и заранее проверить, как система поведет себя при отказах. Особенно это важно, когда используются устройства разных производителей: важно убедиться, что они нормально работают вместе на всех этапах – от проектирования до ввода объекта в эксплуатацию.

IEC 62351 дополняет энергетические протоколы средствами кибербезопасности: аутентификацией, контролем доступа, защитой обмена данными и регистрацией событий. Для промышленных систем также используется риск-ориентированный подход IEC 62443. Эти стандарты важно применять вместе: совместимость без защиты создает уязвимость, а чрезмерные меры безопасности могут снизить надежность систем, работающих в реальном времени.

7. Периферийные вычисления, аналитика и искусственный интеллект

Периферийные вычисления позволяют обрабатывать данные непосредственно на электростанции, подстанции или районном узле. Это уменьшает

Приложение	Тип трафика	Ключевые требования	Риск при нарушении связи
Телезащита и противоаварийная автоматика	Сигналы защиты и управления	Минимальная и предсказуемая задержка; резервирование; синхронизация; в отдельных схемах – единицы миллисекунд	Замедление или нарушение селективного отключения; риск развития аварии
SCADA / EMS / DMS	Телеметрия, события и команды	Высокая доступность; целостность; управляемая задержка; приоритизация	Потеря наблюдаемости режима и запаздывание диспетчерских решений
WAMS / PMU	Синхрофазорные потоки	Точная временная синхронизация; низкая вариация задержки; стабильная доставка	Снижение качества оценки динамической устойчивости
Распределительная автоматика	События и команды переключения	Низкая задержка; широкое покрытие; быстрое восстановление	Замедление локализации, изоляции повреждений и восстановления питания
AMI и интеллектуальный учет	Периодические данные и события	Масштабируемость; широкое покрытие; экономичность	Потеря данных учета и снижение точности выявления отключений
Генерация и мониторинг оборудования	Телеметрия, диагностика, техническое видео	Надежность; сегментация; достаточная емкость; безопасный удаленный доступ	Снижение готовности оборудования и эффективности обслуживания
ВИЗ, BESS и DERMS	Телеметрия, прогнозы, уставки и команды	Масштабируемость; двусторонняя связь; безопасная интеграция	Ограничение управляемости распределенных ресурсов и балансирования
Мобильные бригады	Голос, видео, наряды, геопозиционирование	Территориальное покрытие; мобильность; защищенный доступ	Ухудшение координации аварийно-восстановительных работ

задержку, снижает объем трафика и дает возможность сохранить локальные функции при временной потере связи с центром. На периферии могут выполняться фильтрация и агрегация телеметрии, первичное обнаружение аномалий, анализ качества электроэнергии и оценка технического состояния оборудования.

Искусственный интеллект может выявлять признаки деградации трансформаторов, вращающегося оборудования, выключателей, аккумуляторов систем или каналов связи. Однако в критической инфраструктуре модель должна иметь контролируруемую область применения, измеряемую точность и понятный механизм передачи решения оператору. Автоматическое действие допустимо лишь после верификации, анализа опасностей и определения безопасного режима при ошибке модели. Практически наиболее зрелым сценарием остается поддержка принятия решений: ранжирование событий, прогнозирование отказов и сокращение времени диагностики.

Классическая система управления сетями и событиями как правило заточена под решение только одной задачи. Использование периферийных вычислений и искусственного интеллекта позволяет координировать и управлять всеми сервисами и процессами в целом. Такое комплексное управление называется Оркестрация.

Она должна объединять данные энергетических и телекоммуникационных систем. Это дает возможность предсказывать различные ошибки или отказы задолго до того, как они произойдут. Например, повторяющиеся ошибки канала связи, рост температуры шкафа и ухудшение качества синхронизации могут вместе указывать на приближающийся отказ узла, хотя основные параметры работы оборудования будут еще находиться в установленных пределах. Такой подход позволяет переходить от простого мониторинга отказов, к прогнозированию отказов. И своевременно принимаемые действия по устранению будут сводить вероятность критического отказа к нулю.

8. Кибербезопасность энергетической OT-среды

Расширение цифровой связности увеличивает поверхность атаки. Удаленный доступ, платформы от раз-

личных производителей, мобильные устройства, облачная аналитика и массовое подключение распределенных ресурсов создают новые доверительные связи. Поэтому безопасность должна проектироваться одновременно с технологической архитектурой.

Минимальный набор мер включает полную инвентаризацию активов и коммуникационных потоков, сегментацию IT (информационные технологии) и OT (операционные технологии, иными словами система управления процессами), управление зонами ограничения доступа к сетям, многофакторную аутентификацию для удаленного доступа, минимальные привилегии, журналирование, резервное копирование конфигураций, управление уязвимостями и отработанные процедуры реагирования. Особое внимание требуется цепочке поставок: обновления программного обеспечения, сервисные учетные записи и средства удаленной поддержки должны быть под контролем владельца энергетического актива.

Кибербезопасность должна проявляться в контексте физического процесса. Блокировка легитимной команды, задержка повторной аутентификации или некорректное обновление сертификатов могут оказаться не менее опасными, чем несанкционированный доступ. Поэтому оценка рисков должна учитывать безопасность людей, устойчивость режима и допустимое время восстановления технологической функции.

9. Экономическая и операционная ценность для энергетической компании

Инвестиции в связь следует обосновывать не числом установленных

радиомодемов или шириной канала, а эффектом для энергетического бизнеса. Для сетевой компании ключевыми результатами могут быть сокращение времени обнаружения и изоляции повреждения, уменьшение SAIDI/SAIFI, снижение выездов персонала и повышение доступности дистанционного управления. Для генерирующей компании – повышение коэффициента готовности оборудования, сокращение незапланированных остановов, улучшение планирования ремонтов и безопасный доступ к экспертной поддержке. Для оператора передачи – повышение качества наблюдаемости режима, надежности телезащиты и синхрофазорных измерений.

При оценке вариантов необходимо учитывать CAPEX, эксплуатационные расходы, лицензирование спектра, аренду инфраструктуры, энергопотребление, запасные части, обучение, обновление программного обеспечения и стоимость миграции. Экономия за счет единственного поставщика может упростить проект, но повышает риск технологической зависимости. Поэтому в закупочной стратегии следует заранее определить требования к открытым интерфейсам, экспорту конфигураций, совместимости и переходу к альтернативному обслуживанию.

10. Поэтапная модель модернизации

Модернизацию целесообразно проводить по операционным сценариям, а не путем одномоментной замены всей инфраструктуры:

10.1. Определить критическую бизнес- и технологическую проблему: длительное восстановление, отсутствие видимости удаленных объектов, устаревание радиорелейной

сети, интеграция ВИЭ и накопителей либо недостаточное покрытие мобильных бригад.

Сформировать каталог активов, сервисов и зависимостей: какие функции используют каждый канал, какой режим допускается при потере связи и кто отвечает за восстановление.

Классифицировать трафик и установить измеримые требования к задержке, доступности, синхронизации, пропускной способности, безопасности и времени переключения.

10.2. Спроектировать сквозную архитектуру доступа, транспорта, ядра, управления и резервирования с анализом общих точек отказа.

10.3. Провести пилот на репрезентативном участке и испытать не только нормальный режим, но и обрыв маршрутов, отказ питания, потерю синхронизации, перегрузку и киберинцидент.

10.4-10.6. Внедрять по функциональным волнам, сохраняя совместимость с наследуемыми устройствами и документируя конфигурации.

Организовать жизненный цикл: мониторинг, запасные части, обучение, обновление, периодические испытания восстановления и план замены устаревающих компонентов.

Такой подход позволяет связать каждый этап капитальных вложений с конкретным операционным результатом и не требует полного технологического переключения за один проект.

11. Практический пример:

модернизация Midwest Energy

В исходной публикации рассматривается Midwest Energy – кооперативная электроэнергетическая и газовая компания, обслуживающая обширную территорию западного Канзаса. По данным Ceragon, первые 12 критических радиорелейных линий были переведены с устаревающей платформы IP-20 на IP-50; далее планировалось обновление еще семи линий. Проект демонстрирует возможность поэтапной модернизации действующей

транспортной сети и совмещения поставки оборудования, развертывания и дальнейшей поддержки.

Для энергетической компании из этого кейса следуют три общих урока.

Во-первых, план миграции должен сохранять непрерывность SCADA и других технологических сервисов.

Во-вторых, техническая платформа должна оцениваться вместе с эксплуатационной моделью, запасными частями и компетенциями персонала.

В-третьих, упрощение координации за счет одного поставщика следует уравновешивать требованиями к открытости и предотвращению vendor lock-in.

Описание опубликовано поставщиком решения и не содержит полного массива независимо проверенных показателей «до/после». Поэтому кейс подтверждает практическую реализуемость подхода, но не позволяет оценить влияние на совокупную стоимость владения, доступность сервисов и показатели надежности энергоснабжения.

12. Обсуждение

Переход от интеллектуальной сети к интеллектуальным операциям заключается не в увеличении числа подключенных устройств, а в способности энергетической компании преобразовывать данные в своевременные и безопасные действия. Для этого энергетическая, телекоммуникационная и кибербезопасная архитектуры должны проектироваться как единая киберфизическая система.

Коммуникационная сеть должна получить статус производственного актива с собственным владельцем, архитектурой, моделью рисков и долгосрочным планом развития. При этом единой технологии для всех задач не существует. Волокно, радиорелейная связь, частные мобильные сети и локальные промышленные сегменты выполняют разные функции; устойчивость возникает благодаря их ра-

циональному сочетанию, физически независимым маршрутам и согласованному управлению.

Наконец, модернизация не завершается вводом оборудования в эксплуатацию. Без мониторинга, обучения, обновления, испытаний аварийного восстановления и управления устареванием современная система постепенно превращается в новый слой наследуемой инфраструктуры. Поэтому жизненный цикл должен быть заложен в бизнес-кейс проекта с самого начала.

Заключение

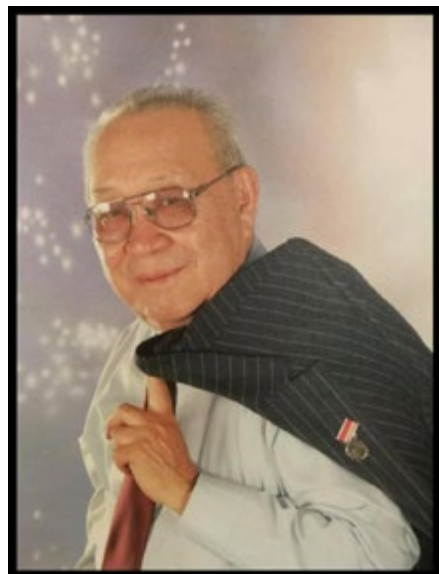
Надежность современной энергосистемы напрямую зависит от способности коммуникационной инфраструктуры поддерживать защищенный и предсказуемый обмен данными между генерирующими объектами, подстанциями, полевыми устройствами, диспетчерскими центрами и аналитическими системами. Рост распределенной генерации, накопителей и автоматизированных активов делает традиционные сети связи недостаточными по масштабу, управляемости и устойчивости.

Наиболее рациональна многоуровневая гибридная архитектура, сочетающая волоконно-оптический и беспроводной транспорт, частные LTE/5G-сети, периферийные вычисления и централизованную оркестрацию. Ее требования должны выводиться из критичности конкретной энергетической функции и допустимых последствий отказа. IEC 61850, IEC 62351 и смежные стандарты формируют важную основу, однако практический результат зависит от системного проектирования, испытаний и управления жизненным циклом.

Таким образом, для энергетической компании следующая стадия цифровизации – это превращение связности в координацию, телеметрии в проверяемые решения, а коммуникационной сети – в наблюдаемую, защищенную и восстанавливаемую производственную платформу.



ADVANTEK SYSTEMS – официальный партнер CERAGON Networks.
Обращайтесь по всем интересующим вопросам касательно технологической связи.
Наша компания «ADVANTEK SYSTEMS», имеющая за плечами громадный опыт построения беспроводных систем передачи данных для крупных энергетических компаний в Казахстане всегда готова поделиться этим опытом и оказать Вам консультационные услуги.
Тел.: + 7 701 717 7019, + 7 707 717 7019 WhatsApp, akli@as.kz.



**Исakov Кежек Бершенович
(1931-2018)**

В этом году исполнилось бы 95 лет со дня рождения Заслуженного энергетика Казахской ССР, профессора, член-корреспондент Инженерной Академии Исакoва Кежека Бершеновича.

Родился Кежек Бершенович 30 апреля в 1931 году в Актюбинской области.

После окончания Московского энергетического института, Кежек Бершенович всю свою жизнь посвятил развитию и совершенствованию электроэнергетики Казахстана. Он внёс огромный вклад в развитие энергетической системы страны, поскольку его высокая инженерная квалификация, богатый опыт производственника и организатора позволил добиться высоких результатов. Воспитал целую плеяду энергетиков, которые сейчас успешно трудятся в энергетической отрасли и передают полученные знания новым поколениям.

Кежек Бершенович был одним из первых руководителей в электроэнергетике Казахстана, имеющим ученую степень, которая была присвоена ему без отрыва от производства.

Кежек Бершенович - автор более 100 внедренных в производство рационализаторских предложений, в связи с чем награжден почетным знаком «Изобретатель СССР».

Многогранность личности Кежека Бершеновича раскрывалась также в другой деятельности, поскольку он является автором нескольких публицистических книг, многих научных-технических трудов, а также мемуарных и стихотворных произведений, которые с большим интересом восприняты читающей публикой.

Кежек Бершенович навсегда останется в нашей памяти как профессионал высочайшего класса, ответственный руководитель и яркой личностью своего времени и в истории нашей страны.



**Утегулов Нуржан Имангалиевич
(1946-2020)**

80 лет со дня рождения Инженера, Учёного, Педагога и просто Человека с большой буквы Нуржана Имангалиевича Утегулова.

Нуржан Имангалиевич Утегулов родился 17 августа 1946 года в городе Алматы. В 1963 году окончил Алматинский политехнический техникум, получив квалификацию техника-механика-энергетика. В 1964–1965 годах работал дежурным электриком и электрообмотчиком электроцеха областной базы хлебопродуктов в Алматы. В 1970 году окончил энергетический факультет Казахского политехнического института, получив квалификацию инженера-электрика.

Всю свою профессиональную жизнь Нуржан Имангалиевич посвятил электроэнергетике, науке и подготовке специалистов для отрасли. В 1970–1973 годах работал ассистентом кафедры «Электрические системы и сети» Казахского политехнического института, а в 1973–1976 годах проходил обучение в аспирантуре кафедры «Электрические системы и сети» Санкт-Петербургского политехнического университета. С 1976 по 1998 год его деятельность была

связана с Алматинским институтом энергетики и связи, где он прошёл путь от ассистента и старшего преподавателя до доцента, профессора и заведующего кафедрой «Электрические системы и сети». Нуржан Имангалиевич являлся кандидатом технических наук, профессором и многие годы занимался научной и преподавательской деятельностью, передавая свои знания будущим специалистам электроэнергетической отрасли.

Большой профессиональный опыт Нуржана Имангалиевича был востребован и на государственном, и на отраслевом уровне. В 1998–1999 годах он работал советником президента ОАО «KEGOC». В 1999–2000 годах занимал должность директора департамента электроэнергетики и твердого топлива Министерства энергетики, индустрии и торговли Республики Казахстан. С 2000 по 2006 год в АО «KEGOC» последовательно возглавлял департамент эксплуатации, производственно-технологический департамент и департамент развития. С 2009 по 2011 год возглавлял департамент развития в АО «Самрук Энерго».

Значительное место в его деятельности занимала научная и учебно-методическая работа. Нуржан Имангалиевич опубликовал более 40 научных статей в журналах «Электричество», «Электротехника» и других изданиях, получил 6 авторских свидетельств на изобретения. Он также являлся автором четырёх учебных пособий по специальным дисциплинам электроэнергетического профиля, изданных на казахском и русском языках.

За многолетний труд и вклад в развитие энергетической отрасли Нуржан Имангалиевич был награждён орденом «Кұрмет», юбилейной медалью «Қазақстан Республикасының Конституциясына 10 жыл» и удостоен звания «Заслуженный энергетик Казахстана и СНГ».

Нуржан Имангалиевич навсегда останется в памяти коллег, учеников, друзей и близких как высококвалифицированный специалист, учёный и педагог, посвятивший свою жизнь развитию электроэнергетики Казахстана и подготовке новых поколений энергетиков.

Колинко Николай Сергеевич (1935-2026)

В возрасте 90 лет ушёл из жизни Николай Сергеевич Колинко – почётный журналист Казахстана, писатель, первоцелинник, давний друг нашей редакции. Большая жизнь, вместившая столько труда, встреч и событий, стала памятью. И сегодня хочется с благодарностью вспомнить человека, который многие годы был рядом, помогал нашему общему делу и сохранял в своих книгах судьбы людей своей страны.

Его собственная дорога в Казахстан началась 18 августа 1954 года. После окончания Прилуцкого гидро-мелиоративного техникума на Черниговщине Николай Сергеевич прибыл по направлению в распоряжение Акмолинского облводхоза. Молодой специалист стал одним из первоцелинников и связал с этой землёй всю дальнейшую жизнь. Здесь он трудился, учился, обрёл своё призвание. Здесь происходило то, о чём позднее он рассказывал читателям.

Прошёл славный трудовой путь от прицепщика тракторной бригады до собкора районной газеты «Целиноградская правда», а затем газеты «Казахстанская правда». Свыше 20 лет, с 1974 года, он работал в высших партийных и советских органах республики – ЦК Компартии Казахстана, Совете Министров и Верховном Совете Казахской ССР.

Получив среднее техническое образование, он продолжил учёбу: окончил факультет журналистики Казахского государственного университета имени С. М. Кирова и Московскую высшую партийную школу.

Николай Сергеевич – автор более двадцати книг, сборников и очерков. В 2020 году к его 85-летию вышла книга в серии «Өнегелі өмір». Даже в

издании, приуроченном к собственному юбилею, он рассказывал главным образом о других: о тружениках целины, о первых руководителях страны, о тех, с кем довелось работать на протяжении многих лет. В этом было его внимательное, благодарное отношение к людям. Он возвращался к их судьбам, чтобы сделанное ими не затерялось со временем, чтобы за событиями и датами читатель увидел человека.

Особое место в его жизни занимало сотрудничество с энергетическим сообществом Казахстана. Преданность делу, здравый ум, глубокие знания и удивительная работоспособность принесли Николаю Сергеевичу заслуженный авторитет среди специалистов отрасли. Его ценили как опытного журналиста и надёжного участника общей работы.

Вместе с лауреатом Ленинской премии Эрвином Францевичем Госсеном он оказывал большую помощь бывшему министру энергетики Республики Казахстан Булату Газизовичу Нуржанову, редактору журнала «Энергетика и топливные ресурсы Казахстана», в подготовке и выпуске первых номеров издания. Начало журнала всегда требует особой отдачи. Николай Сергеевич вкладывал в эту работу свои знания и силы, помогая создавать издание, нужное отрасли.

Позднее он активно сотрудничал с редакцией журнала «Энергетика» Союза инженеров-энергетиков Республики Казахстан. Принимал участие в подготовке материалов для номера, посвящённого столетию плана ГО-ЭЛРО. Продолжал работать с проектными отраслевыми институтами «Казсельэнергопроект» и «Алматы ЭнергоТяжМашПроект». Его деятель-



ное отношение к жизни поддерживало коллег и друзей, помогало им увереннее смотреть в будущее.

Почётный журналист Казахстана, член Союза журналистов СССР, Николай Сергеевич был награждён орденом «Знак Почёта», медалями «За освоение целинных земель», «За трудовое отличие», юбилейными медалями и почётными грамотами Казахской ССР. Эти награды отмечают вехи его долгого трудового пути. А в книгах, публикациях и памяти людей продолжается та часть его жизни, которую невозможно выразить перечнем заслуг.

Девяносто лет – почтенный возраст. Но для близких, друзей и коллег никакой возраст не делает прощание легче. Остаётся чувство невосполнимой утраты и желание сказать то простое, для чего в повседневной занятости не всегда находились слова: спасибо за всё, что Вы сделали. За Ваш труд, за участие, за сохранённую память о людях. За дружбу.

**Совет ветеранов энергетики Казахстана,
Союз инженеров-энергетиков Республики Казахстан, редакция журнала ENERGY.PRO,
коллективы отраслевых организаций, коллеги и друзья:
С. Нурпеисов, А. Трофимов, М. Дулкаиров, Т. Нурумов, Л. Певзнер,
Т. Калиев, Р. Нуржанова, А. Сарсенов, В. Лях (г. Киев), А. Лайкин и другие
выражают искренние соболезнования родным и близким Николая Сергеевича.**

ALMATY Powerexpo

24-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ЭНЕРГЕТИКА

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ



2026

21 - 23 октября

Казахстан, Алматы, КЦДС «Атакент»



ВИЭ



СВЕТОТЕХНИКА



КАБЕЛЬ И ПРОВОД



ЭЛЕКТРОТЕХНИКА



ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ОРГАНИЗАТОРЫ:



ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ



МФЭС

www.expoelectroseti.ru

2026

17-19 ноября

Москва, Выставочный комплекс
«ТИМИРЯЗЕВ ЦЕНТР»

В Москве в период с 17 по 19 ноября 2026 года в Выставочном комплексе «Тимирязев Центр» состоится Международный форум «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ» (МФЭС) – мероприятие, объединяющее тысячи специалистов электроэнергетической и электротехнической отраслей, научных экспертов, представителей органов государственной власти, специалистов проектного и строительного направления. Мероприятие, направленное на обсуждение и решение профессиональным сообществом приоритетных задач электросетевого комплекса с целью повышения его надежности и эффективности.

К участию в Международном форуме «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ» приглашаются научные, проектные, строительные, эксплуатационные организации электросетевого комплекса России и других стран, производители электротехнического оборудования, элементов ЛЭП, разработчики и производители средств автоматизации, связи, диагностики оборудования, учета электроэнергии, разработчики и производители программного обеспечения, образовательные учреждения и отраслевые СМИ

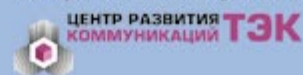
Задачи МФЭС:

- ♦ Объединение усилий лидеров отрасли по развитию электросетевого комплекса, повышению его надежности и эффективности
- ♦ Определение ключевых направлений импортозамещения
- ♦ Перспективное взаимодействие по реализации оптимизации и автоматизации бизнес-процессов, а также согласованной работы IT-систем
- ♦ Разработка стандартных пакетных решений по «интеллектуализации» и информативности отрасли

Генеральные информационные партнеры:



Генеральный коммуникационный партнер:



Информационная поддержка:



Организатор:
ЗАО «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»



Телефон: +7 (495) 640-20-80
E-mail: exhibit@twest.ru

ELECTRODRIVE 2026 EXPO

13-15
ОКТАБРЯ

Казахстан, Алматы
ВЦ «Атакент»



Будущее транспорта начинается здесь



Электрические и
гибридные транспортные
средства



Запасные части,
компоненты
и оборудование



Аккумуляторы и
технологии хранения
энергии

www.electrodrive.kz



EP Shanghai 2026

Глобальная платформа для
электроэнергетических решений
и цепочек поставок с 1986 года

3-5 декабрь 2026

КНР Новый международный
экспоцентр в Шанхае
(Зал N1-N5 & W4-W5)

5 Тематических зон

1. **передача и распределение электроэнергии**

Технологии низкого и сверхвысокого напряжения (СВН) для обеспечения надежности энергосистемы

2. **Автоматизация электроэнергетики**

Автоматизация подстанций и высокоточные испытания для оптимизации управления

3. **Цифровизация энергетики**

Виртуальные электростанции и решения на базе искусственного интеллекта для эффективного управления и эксплуатации

4. **Новая энергетика - Хранение энергии / Водородная энергия**

Интеграция в энергосистему, накопление энергии и водородные решения для устойчивого будущего

5. **Интеллектуальное электротехническое производство**

Зеленые фабрики и интеллектуальные производственные технологии, повышающие эффективность в электроэнергетике

Почему вам не стоит пропустить?

- Авторитетный организатор
- Комплексная платформа решений
- 7 выставочных павильонов исторического масштаба

Чего ожидать от EP 2026?

- 2,200+ участников
- 80+ Страны / Регионы
- 85,000+ посетителей
- 86,000+ sqm Выставочная площадь

Кому стоит посетить?

- Энергетические компании / Компании по передаче и распределению электроэнергии
- EPSC / Инжиниринговые компании / Подрядчики
- Производители / Системные интеграторы
- Государственные / общественные учреждения
- Ассоциации электротехников / инженеров

Организатор:
Соорганизатор:

Справки для посетителей и СМИ
Tel: +852 2516 3585 / +852 2516 3379
Fax: +852 2516 5024
Email: EPChina.PR@adsale.com.hk
Website: www.EPChinaShow.com

+852 6939 9522
EPChina_PR
@ep.china
@EP Shanghai

Официальный сайт

Зарегистрируйтесь

31.12.2026 ж. дейін бір реттік 15% жеңілдік.
Банкеттер мен корпоративтерге қолданылмайды.

FORT VERNYI
SINCE 1999

**ПРЕДЪЯВИТЕЛЮ
СКИДКА 15%**



+7 777 190 1195
ул. Толе би, 179Б

Разовая скидка 15% до 31.12.2026 г. Не действует на банкеты и корпоративы. /
One-time 15% discount until 31.12.2026. Not valid for banquets or corporate events.

31.12.2026 ж. дейін бір реттік 15% жеңілдік.
Банкеттер мен корпоративтерге қолданылмайды.

FORT VERNYI
GORNYI

**ПРЕДЪЯВИТЕЛЮ
СКИДКА 15%**



+7 707 327 6141
мкр. Хан-Тенгри, 197

Разовая скидка 15% до 31.12.2026 г. Не действует на банкеты и корпоративы. /
One-time 15% discount until 31.12.2026. Not valid for banquets or corporate events.

TOP catering

**ПРЕДЪЯВИТЕЛЮ
СКИДКА 10%**



+7 775 503 9292
topcatering.kz

31.12.2026 ж. дейін бір реттік 10% жеңілдік. /
Разовая скидка 10% до 31.12.2026 г. / One-time 10% discount until 31.12.2026.

аспаздық
самая
Верная
кулинария

**ПРЕДЪЯВИТЕЛЮ
СКИДКА 10%**



+7 776 938 6767
ул. Толе би, 179Б

31.12.2026 ж. дейін бір реттік 10% жеңілдік. /
Разовая скидка 10% до 31.12.2026 г. / One-time 10% discount until 31.12.2026.

Друзья!

FORT
FAMILY GROUP

ждёт вас в гости!

Приходите погулять,
вкусно кушать, отдыхать.



27 лет встречаем гостей —
вкусно кормим,
гуляем веселей!



Горы, воздух, шашлыки —
классный отдых у реки!



Готовить некогда?
Не беда — в «Верной»
всегда вкусная еда!



Привезём куда угодно —
красиво, вкусно и удобно!



**Флаер скорее переверни —
и наши скидки заberi!**



АктобеНефтеХим

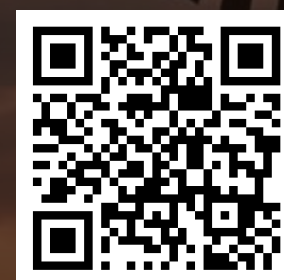
7-я Международная выставка оборудования и
технологий нефтяной, газовой и химической
промышленности



MinTech

42-я Международная выставка оборудования и
технологий горнодобывающей, металлургической
и энергетической промышленности

АКТОБЕ: 14-16 ОКТЯБРЯ, 2026



promweek.kz

Организаторы:



Министерство промышленности
и строительства Республики Казахстан

ASTANA
EXPO

При поддержке:



Акимат Актыубинской области



aqtoBe
hub

Общественный Фонд
«Устойчивое развитие
«Sun»



SmartStrategy Community



Институт развития
электроэнергетики
и энергосбережения
(Казакхэнергэкспертиза)

Поздравительная открытка

ХОЖИНУ
Гамилю Хожаевичу

В ноябре 2026 года исполняется 90 лет выдающемуся педагогу энергетической отрасли Казахстана Гамилю Хожаевичу ХОЖИНУ



В ноябре 2026 г. исполняется 90 лет со дня рождения профессора Хожина Гамиля Хожаевича, лауреата медали им. А. Байтурсынова.

Хожин Гамиль Хожаевич родился 8 ноября 1936 года в поселке Маштексай, Джангалинского района, Западно-Казахстанской области. Является участником трудового фронта Великой Отечественной войны.

Окончил Мартукскую среднюю школу Актюбинской области в 1954 году, затем Ферганское техническое училище № 1.

С 1959 года по 2024 год Гамиль Хожаевич работал в системе высшего образования Республики Казахстан, фактически проработав 64 года в одном месте, а записи в трудовой книжке менялись только в связи с изменением статуса института и занимаемой должности (Казахский горно-металлургический институт, Казахский политехнический институт им. В.И. Ленина, Алматинский энергетический институт, Алматинский университет энергетики и связи).

Закончил электроэнергетический факультет ВЗПИ (г. Москва). В 1970 году защитил кандидатскую диссертацию, профессор кафедры «Электрооборудования и электрических станций». Заслуженный энергетик Республики Казахстан и СНГ, отличник образования Республики

Казахстан, Почетный гражданин Джангалинского района, Западно-Казахстанской области. Заведовал кафедрой и был деканом в Алматинском энергетическом институте.

Гамиль Хожаевич Хожин воспитал многие поколения электроэнергетиков, которые с благодарностью вспоминают его.

Является автором четырех изобретений и более 300 опубликованных научных и методических работ, в том числе 4 учебников.

*Коллеги-энергетики поздравляют
Гамиля Хожаевича Хожина с юбилеем
и желают здоровья и неиссякаемой энергии!*

Поздравительная открытка

ИСКАКОВУ
Аскару Кежековичу

В этом году исполнилось 70 лет известному казахстанскому энергетик Аскару Кежековичу ИСКАКОВУ



70 лет исполнилось в этом году замечательному человеку, сыну своего отца, Заслуженному энергетик Казахстана, доктору наук Искакову Аскару Кежековичу.

Родился Аскар Кежекович в городе Алматы в 1956 году. После окончания Алматинского энергетического института (АЭИ) работал стажером-исследователем в Московском энергетическом институте и там же закончил аспирантуру. Преподавал и занимался научными исследованиями в Алматинском энергетическом институте.

Начиная с 1993 года участвовал в развитии электроэнергетической отрасли Казахстана, проектировал и строил высоковольтные линии электропередачи и подстанции.

В 2005 году принял участие в организации и возглавил Акционерное Общество «Батыс Транзит» – первый пример успешного государственно-частного партнерства в сфере электроэнергетики в Казахстане и СНГ. Под его руководством успешно реализован уникальный проект «Строительство и эксплуатация межрегиональной линии электропередачи 500 кВ «Северный Казахстан – Актюбинская область». Принимал активное участие в проекте «Строительство транзита «Экибастуз-Семей-Актогай-Талдыкорган-Алма», Мойнакской ГЭС и ряда других значимых объектов. В настоящее время является Председателем Совета директоров АО «ТАТЭК».

Аскар Кежекович занимается активной общественной работой – является членом Попечительского совета Алматинского университета энергетики и связи и принимает участие в подготовке кадров электроэнергетической отрасли.

Искаков Аскар Кежекович за вклад в развитие энергетики награжден орденом «Құрмет», медалью «Ерен Еңбегі Үшін» и медалями Министерства энергетики «За вклад в развитие энергетики» и «Еңбек ардагері».

*Коллеги поздравляют
Искакова Аскара Кежековича с юбилеем,
желают ему здоровья и дальнейших творческих успехов!*



Универсальное объёмно-активное заземляющее устройство «UGS»

ИННОВАЦИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Universal
GroundingSystem

Производственная компания «UGS» предлагает инновационную продукцию казахстанского производства Универсальное объёмно-активное заземляющее устройство «UGS» в комплекте с активной молниезащитой, призванное обезопасить людей, электроустановки, дома и сооружения от экстремов техногенного и природного (молнии, пожары) характера и обеспечивать бесперебойную работу вашего электрооборудования на производстве, дома и в офисе.



Мы там, где энергия.

www.ugs.tomas.kz | Республика Казахстан, 050013, Алматы, ул. Сатпаева, 22, Технопарк КазНТУ
тел.: +7-705-111-66-68, +7-707-109-99-74, +7-775-340-40-41
www.shirtec.kz | e-mail: molniezashita.izazemlenie@mail.ru, shirtec.kz@gmail.com

Преобразователи (датчики) для энергетиков ОТ ООО «НПО «Горизонт Плюс»

www.gorizont-plus.ru

Компания ООО «НПО «Горизонт Плюс» (г. Истра, Московской обл.) предлагает приборы собственной разработки для измерения тока, напряжения и активной мощности. Преобразователи сертифицированы, внесены в Госреестр СИ РФ и представляют достойную замену импортным аналогам по соотношению цена/качество.

**Высоковольтные
электронные
клещи КТ-1000-В
для измерения тока
до 1000 А при
напряжении на
токовой шине
до 10 000 В**



Компания ООО «НПО «Горизонт Плюс» осуществляет бесплатную доставку преобразователей во все регионы РФ и в страны СНГ.

+7 929 924 79 27, +7 929 924 87 89
www.gorizont-plus.ru

**Преобразователи измерительные
тока серии ПИТ для измерения тока
от 40 мА до 25 000 А**



**Преобразователи
измерительные
напряжения ПИН
от 50 В до 3000 В**



**Преобразователи измерительные
мощности серии ПИМ
для контроля активной мощности
в диапазоне от 1 до 4000 кВт**



Преобразователи (датчики) обеспечивают гальваническую изоляцию входных и выходных цепей, удобный выходной интерфейс 0-20 мА (4-20 мА).

ПРИБОРЫ&ИНСТРУМЕНТ **T I T E S T** **INSTRUMENTS**

**Измерительные приборы
и инструмент высшего
качества**



www.ti.kz

www.pribor.kz

**050060, г. Алматы,
ул. Розыбакиева, 184,**

Тел.: 379 99 55;

факс: 379 98 93