

ENERGY. PRO

№ 6(9)
декабрь
2025

JENBACHER

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЁЖНОСТЬ

ГАЗОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ДАТА-ЦЕНТРОВ
И КРИПТОИНДУСТРИИ



ВСЕ О СОВРЕМЕННЫХ
ЭНЕРГОСИСТЕМАХ ДЛЯ ЦОДОВ —
ПЕРЕХОДИТЕ ПО QR-КОДУ

ENERGY SOLUTIONS.
EVERYWHERE, EVERY TIME.



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

С Новым годом и Днём Энергетика.

Уважаемые коллеги!

Примите поздравления с
Днём энергетика и
наступающим Новым годом!

Все мы принадлежим к замечательному братству профессионалов, посвятивших свою жизнь важному и благородному делу – развитию энергетической сферы государства, от устойчивого функционирования которой зависят конкурентоспособность экономики, энергетическая безопасность страны и благополучие её граждан. Ответственность, надёжность, стабильность – вот качества, которые отличают людей, занятых в энергетике.

Желаем Вам крепкого здоровья, сил для реализации всех планов, энергии, оптимизма и исполнения всего задуманного!



Информационно-аналитический производственный журнал
№ 6 (9) 2025 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 № KZ79VPPY00097450 от 23.07.2024 г. выдано РГУ «Комитет информации Министерства культуры и информации Республики Казахстан». Учредитель и издатель: ТОО «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 ТОО «Print House Gerona», г. Алматы, ул. Сатпаева 30/а.

СОДЕРЖАНИЕ

На полосах обложки:

- 1 JENBACHER – эффективность и надежность
- 2 LONGXIANG Electric
- 3 ENERGY.PRO приглашает к сотрудничеству
- 4 CPX 200 – Дорогу эксперту

Внутренние полосы:

- 1 С днем энергетика!
- 2 Содержание, колонка редактора
- 4 Петр СВОИК
Национальный проект модернизации электроэнергетики и ЖКХ глазами члена Общественного совета при Техническом операторе
- 8 Г.Г. ТРОФИМОВ, В.А. ЯШКОВ, Г.Д. ТУРЫМБЕКОВА, М.Я. КЛЕЦЕЛЬ, Д.Н. ТУРГАНОВ
Направление развития ВИЭ и накопителей энергии в энергетике Казахстана

МЕРОПРИЯТИЯ

- 22 Итоги POWEREXPO ALMATY 2025: более 3800 посетителей, рост на 25 % и новые ориентиры развития энергетики Казахстана
- 24 Представители основных интеграционных объединений Евразии в Минске на XXIX БЭЭФ впервые совместно обсудили энергетическое сотрудничество

ТЕХНОЛОГИИ

- 26 ТОО «Росатом Центральная Азия», Астана
Атомные выгоды от российских АЭС
- 28 ТОО «Росатом Центральная Азия», Астана
Термояд: на пути к практической энергетике
- 30 Евгений ЧУРДАЛЕВ, Jenbacher Gas Engines, Австрия
Галым ИСКАКОВ, BI Group, Астана
Собственная Мини ТЭЦ для ЦОД: когда газовая генерация становится основой, а не резервом

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- 34 Дмитрий ВИТОШНОВ, ТОО «ADVANTEK SYSTEMS», Алматы
Проблемы эксплуатации радиорелейного оборудования на объектах энергетики в условиях ограниченного радиочастотного спектра и современные методы их решения

ПРОИЗВОДСТВО

- 38 Энергия без иллюзий: как Шульбинская ГЭС ищет баланс между мегаваттом и рекой

ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕ

- 40 ООО «НПП «ФОЛТЕР», Москва
Очистка воздуха для газовых турбин и роторных машин
- 41 АО «АИЗ», г. Архангельск.
Уникальность. Надёжность. Качество

ИЗМЕРЕНИЯ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ

- 42 OMICRON electronics GmbH, Австрия
CPX 200 – одно устройство. Бесконечные возможности. Вступайте в новую эру тестирования, которая открывает перед Вами будущее
- 45 ООО НПФ «КРУГ», Пенза
Автоматизация объектов энергетики и теплосетевых компаний
- 46 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Профессиональные тепловизоры Guide серии PT
- 47 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Поиск коронных разрядов, а также визуализация утечек всех типов газов
- 48 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Профессиональные тепловизоры Guide серии С и Н
- 49 ТОО «Пергам-Казахстан», Астана
Диагностическое и испытательное оборудование для систем электроэнергетики
- 50 ЗАО «Алгоритм», Санкт-Петербург
Новый стандарт промышленных приборов учёта
- 51 ТОО «Test instruments», Алматы
Измерительные приборы и инструмент высшего качества
- 52 Дмитрий ТИН, ТОО «Test instruments», Алматы
Цифровые мегаомметры в Казахстане.
- 54 ООО «НПО «Горизонт Плюс», Московская обл.
Преобразователи (датчики) для энергетиков

МОЛНИЕЗАЩИТА

- 55 Компания «UniversalGroundSystem», Алматы
Активные молниеотводы Schirtec

ВЫСТАВКИ

- 56 Анонсы

ЭТО ИНТЕРЕСНО

- 60 Тимур НУРУМОВ, ENERGY.PRO
Аварии, которые изменили нормы: как кризисы сформировали современную энергетику

С ЮБИЛЕЕМ!

- 62 Михаил Александрович ОТРАДНЫХ
- 63 Виктор Владимирович ГРАФКИН

Уважаемые читатели!

22 декабря – День энергетика. Профессиональный праздник людей, благодаря которым в домах есть свет и тепло, работает промышленность, развиваются города и экономика страны.

Для Казахстана этот день имеет особое значение. В этом году праздник вновь отмечается в привычную для энергетиков дату – 22 декабря, в день зимнего солнцестояния. Это возвращение к профессиональной логике и традиции, которая десятилетиями была понятна отрасли и символично отражала саму суть энергетики – работу в самый короткий световой день года.

Энергетика всегда была и остается опорной отраслью. За каждым мегаваттом стоят конкретные люди – инженеры, диспетчеры, электромонтеры, проектировщики, энергетики ТЭЦ, ГЭС и сетевых компаний. Их работа часто остается незаметной, пока система работает стабильно. Но именно в этом и заключается настоящий профессионализм.

Редакция журнала «Энергетика» поздравляет всех специалистов отрасли с профессиональным праздником. Желаем надежных систем, безаварийной работы, взвешенных решений и уверенности в завтрашнем дне.

С Днем энергетика!

Совет ветеранов энергетиков КЭА РК, Союз инженеров-энергетиков РК поздравляет видного энергетика, опытного специалиста ТОО «Казсельэнергопроект» Сапожникова Ефима Моисеевича с 90-летием!

Национальный проект модернизации электроэнергетики и ЖКХ глазами члена Общественного совета при Техническом операторе



Петр СВОИК,
член Общественного совета при «Казцентре ЖКХ»

Национальным проектом «Модернизация электроэнергетического и коммунального секторов на 2025-2029 годы» (МЭКС) предусмотрено 13,6 трлн тенге вложений, из которых 6,8 трлн планируется направить на коммунальный сектор, 6,2 трлн тенге на энергетический сектор, 0,6 трлн на автоматизацию. Из этой суммы 1,5 трлн тенге планируется выделить из бюджета на компенсацию заемной стоимости денег, но не выше 10 %, остальное – частные инвестиции, возвращаемые через тариф.

Ожидаемый социально-экономический эффект включает модернизацию и обновление существующих активов энергетического и коммунального секторов, это не менее 200 субъектов естественных монополий, не менее 30 теплоэлектроцентралей, снижение уровня аварий на 20 %, а также снижение уровня износа энергетических и коммунальных активов в среднем по стране до 40 %.

Не стоит и говорить, насколько это важно для самой энергетики и «коммуналки», однако значимость реализации МЭКС выходит за рамки проблем собственно инфраструктуры.

В самом деле, до предстоящего конституционного референдума предстоит пережить две зимы, в течение которых эффект обновления еще не скажется, зато тарифный рост при дальнейшем снижении надежности – вполне. И далее еще по одной зиме до выборов однопалатного парламента и до следующих президентских выборов.

То есть, во избежание провала политического сезона 2026-2028 годов крайне важно задать МЭКС не кризисно-проблемный, а реально позитивный темп.

А для этого следует учесть, что «эксплуатационный» период не создаваемой в нынешней экономической системе, а унаследованных от советского времени энергетики и ЖКХ безвозвратно заканчивается. Для перехода же в инвестиционный цикл необходимо воссоздавать или создавать заново те институты развития, кото-

рых в нынешней электроэнергетике и ЖКХ попросту отсутствуют. Или присутствуют в недолжном качестве.

Без этого усилия по МЭКС окажутся заблокированными сразу с нескольких сторон: под запланированные объемы нет соответствующих проектных и монтажно-строительных мощностей, сами объемы оценены при отсутствии должных схем тепло-водо-энергоснабжения городов и при отсутствии схемы развития электроэнергетики Казахстана с оптимальным размещением генерирующих и сетевых мощностей.

Так, актуальные схемы теплоснабжения имеются только для Астаны, Алматы, Павлодара, Кокшетау и разрабатывается для Костаная. Да и сколько-нибудь свежие генеральные планы имеют только те же Астана и Алматы, Шымкент и еще три-четыре областных центра.

Про обеспеченность заявок на МЭКС актуальными схемами тепло-водо-газоснабжения говорить тем более сложно. В таких условиях обновляемые тепловые, электрические и водопроводные сети рискуют оказаться устаревшими еще до их ввода.

Немаловажно и то, что компании по обеспечению полного приборного учета в теплоснабжении провалены. Расчеты с потребителями осуществляются «смешанным» образом, частично по приборам, частично по нормативам, сами нормативы устанавливаются «на глазок». Соотношения между тарифами по приборам и по нормативам пестры по регионам и необоснованны. Фактическая величина сетевых потерь никому не известна, определяется «расчетным» образом и дает простор для манипуляций.

Более чем проблемно положение в электроэнергетике в целом.

Актуальной схемы развития генерации и сетевых передач с разбивкой по годам, регионам и объектам попросту нет. Как и нет сколько-нибудь достоверной оценки объемов капвложений и уровней тарифов.

К тому же введение Единого заказчика в электроэнергетике осуществлено наполовину: рынок электроэнергии почему-то отделен от балансирующего рынка, рынок мощности тоже отделен и вообще не соответствует своему назначению, тарифная политика в части разбежек по регионам и с разделением тарифов между физическими, юридическими лицами и «бюджетниками» не выдерживает критики.

И в целом тарифная политика в энергетике и ЖКХ ведется «вслепую», при отсутствии достоверного нормирования и профессионального мониторинга деятельности СЕМ.

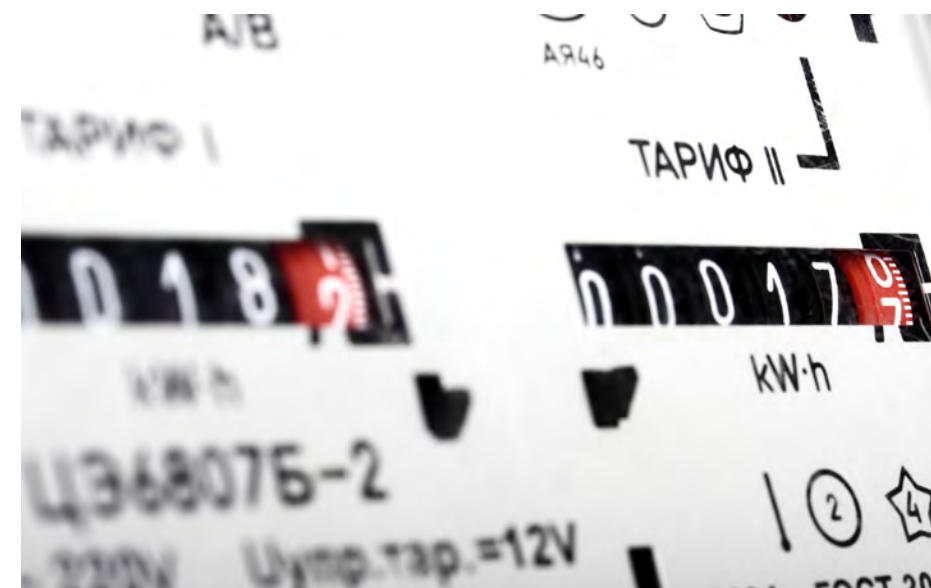
В таких условиях уверенно можно прогнозировать, что существенная часть привлекаемых в МЭКС инвестиций пойдет не на самые актуальные объекты, будет потрачена впустую или вообще «распилена».

К сожалению, эти опасения, – что запланированные объемы, хорошо, если удастся выполнить хотя бы наполовину, а из этой половины половина будет потрачена далеко не на самое необходимое, сполна подтвердились на заседании Общественного совета 26 ноября в Астане.

Второе, после организационного, заседание было посвящено утверждению плана работ на следующий год, а перед этим были заслушаны доклады от технического, – АО «Казцентр ЖКХ» и Финансового, – НУХ «Байтерек» операторов.

Самый первый вопрос к техническому оператору: учитывая, что инвестиционный процесс в энергетике как минимум три-пять лет, есть ли график выполнения Национального проекта из расчета обеспечения к данному времени всего объема проектно-сметной документации по всем объектам – иначе просто не успеть? И есть ли под эту готовую ПСД подготовленные договоры на строительно-монтажные работы, на поставку оборудования и комплектующих?

Выясняется, что графика такого нет, как, собственно, нет и ПСД.



На конец ноября зарегистрировано 179 заявок по секторам водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения и электроснабжения на суммарную оценочную стоимость, по оценке техоператора, порядка 474 млрд тенге. То есть, если брать с точки зрения своевременного обеспечения проектной документацией, получается менее четырех процентов – неудобно даже и говорить. Причем это то, что заявлено, но отнюдь не утверждено. Сам технический оператор так характеризует следующие риски, требующие внимания:

1) Качество проектной документации – высокий процент проектов на доработку указывает на необходимость методологической поддержки и предварительного скрининга;

2) Финансовая устойчивость проектов – недостаточно подтвержденных источников по стабильности вложения вложенных инвестиций;

3) Техническая готовность подрядчиков – не у всех СЕМ и МИО есть достаточный опыт реализации сложных проектов (канализационные очистные сооружения КОС, насосно-фильтровальная станция, водоочистные сооружения);

4) Риски импортозависимости – доля импортных комплектующих в критических узлах остаётся высокой. Также отмечается по требованиям для вхождения в реестр казахстанских 12 производителей невозможность подтвердить казахстанское происхождение товаров и непрерывность технологического процесса. Данный механизм требует отдельного внимания и дополнительной проработки, так как на

основании данных технический оператор должен будет осуществлять мониторинг;

5) Кадровые риски – на местах среди субъектов естественных монополий и местных исполнительных органов недостаток квалифицированных специалистов для сопровождения непрерывного цикла и хода реализации многоуровневых и длительных проектов.

Специально подчеркнем: речь идет не о проектно-сметной документации, разработанной специалистами-проектировщиками, и не об утверждении такой ПСД профессиональной экспертизой. Речь всего лишь о заявках, во многом составленных самими предприятиями «на коленке» и о соответствии таких заявок хотя бы формальным требованиям.

И здесь вот какой принципиальный «водораздел» между тем, что можно считать обновлением, а что модернизацией и развитием.

Да, практические все электрические, тепловые и водопроводные сети, оборудование электростанций и котельных обветшало и требуют того, что можно назвать капитальным ремонтом. А такие ремонты, от привычного ежегодного «поддерживающего» и на самом деле капитального, принципиально по силам самому субъекту. То есть, документация разрабатывается силами производственно-технической службы, утверждает руководство, перекладка сетей и обновление оборудования осуществляется силами самого предприятия и имеющимися подрядчиками.



И совсем иное дело – не просто капитально отремонтировать имеющееся, а совместить такой капремонт с обеспечением перспективных нагрузок на весь следующий срок капитальной амортизации, то есть лет на двадцать пять, как минимум.

И тут уже не обойтись без соответствующей градостроительной документации, без генерального плана данного города на следующие пять-десять-двадцать лет вперед, с прилагаемыми к нему схемами электро-тепло-водо-газоснабжения. А для электроэнергетики – без Генерального плана размещения новых генерирующих и сетевых мощностей, с разбивкой по регионам и по срокам. И все такие генпланы и схемы должны регулярно корректироваться, для поддержания актуальности на данный момент и на всю перспективу.

Разработка такой градостроительной документации должна быть поставлена на конвейер и исполняться профессиональными организациями, имеющими постоянный госзаказ и копирующими всю необходимую базу данных.

И только при наличии такого долгосрочного проектирование становится возможным адекватная разработка конкретной ПСД на данный объект, уже не силами ПТО, а ответственной за свою работу проектной организацией, с утверждением тоже в профессиональной экспертизе.

Между тем, в отношении тех 179 заявок на 474 млрд руб., похоже, пока идет о ремонтно-обновительской ПСД, разработанной предприятиями «на коленке». Равным образом и «Казцентр ЖКХ», при всем желании, вряд ли может осуществлять свою функцию эксперта сверх проверки на соответствие чисто формальным требованиям.

А вот что следует из доклада Финансового оператора: «На сегодняшний день осуществлен дебютный выкуп государственных ценных бумаг акиматов на сумму 29,3 млрд тенге (выкуп на 2025 год), что позволило профинансировать 15 пилотных проектов в СКО, ЗКО, Павлодарской и Карагандинской областях. По линии БРК – на рассмотрении находятся 8 заявок на сумму займа 150,7 млрд тенге, из которых по ТОО «Караганды Жарык» 4 ноября утверждены основные условия финансирования проекта. В настоящее время проводятся мероприятия по подписанию соглашения об открытии кредитной линии. На сегодняшний день запущена электронная платформа закупок Национального проекта на базе сайта «Самрук-Казына Контракт» (meks.zakup.kz). В связи с этим, приём заявок через систему Bgov прекращён. По новой платформе Холдингом уже рассмотрено 63 заявки субъектов естественных монополий.

На первом этапе – проверке полноты представленных документов – согласовано 43 заявки, по согласовано 43 заявки, по которым подтвержден полный комплект материалов. Еще 20 заявок направлены на доработку из-за отсутствия необходимых документов».

Делаем вывод: их тех примерно четырех процентов запланированных в МЭКС объемов, обеспеченных на сегодня хоть какой-то ПСД, процент обеспеченных финансированием и запущенных в реализацию еще меньше.

Какой же общий вывод вытекает из столь правдиво представленной докладчиками и дополненной нашими вопросами картины?

Приходится говорить, что о приближении хотя бы к половине предусмотренных в Нацпроекте объемов и речи нет, выполнение идет «как получается», а получается и мало, и некачественно.

А потому Общественному совету, по нашему мнению, надо бы сосредоточиться не столько на отслеживании хода дел, сколько на выработке предложений, позволяющих реально модернизировать энергетику и ЖКХ.

Ниже мы эти предложения сформируем, но сначала о самом главном вопросе: в какой тариф все выльется?

Вот цитата из отчета Финансового оператора: «Проект предусматривает доступ к долгосрочному финансированию из рыночных и бюджетных источников. Гарантированный тариф по обязательствам, строгий контроль целевого использования средств и участие международных финансовых организаций создают устойчивую финансовую модель, обеспечивающую реализацию проектов без роста тарифной нагрузки на население».

То, что население предполагается защитить от роста тарифов, это можно только приветствовать. Хотя из самой такой постановки вопроса вытекает повышенная тарифная нагрузка на бизнес и на бюджетные организации, что бумерангом обернется ростом цен как раз для населения.

А все же, какова общая величина тарифной нагрузки в рамках политики «тариф в обмен на инвестиции»?

Ответа на это вопрос не найти в самом Национальном проекте МЭКС, что само по себе уже странно. Более того, ни в одном документе, посвященном исполнению МЭКС, нет даже прикидочных оценок. Красноречиво в этом смысле была и презентация финансового оператора для Общественного совета: ни в слайдах, ни в самом выступлении – ни слова. Не удалось получить и ответ при прямых вопросах насчет величины тарифов. И это при том, что еще за месяц до заседания была сформулирована просьба сконцентрироваться именно на этом.

Загадка отсутствия в Нацпроекте самого главного – в какой тариф обернется МЭКС проста, ее разгадка вытекает из следующих наших оценок.

Национальный проект модернизации электроэнергетического и коммунального секторов предусматривает до 2029 года 13 трлн тенге возвращаемых через тариф вложений, плюс бюджетная компенсация коммерческих заимствований из расчета 10%.

Одновременно реализуемый Национальный Инфраструктурный план предусматривает 36,6 трлн тенге внебюджетных, возвращаемых через тариф, вложений и 3,5 трлн тенге из республиканского, местных бюджетов и Нацфонда из расчета использования их для компенсации коммерческого процента. В том числе по разделу энер-

гетики и ЖКХ это 19,7 трлн и 1,8 трлн тенге бюджетная компенсация.

Итого коммерческих инвестиций в энергетику и ЖКХ до 2029 года запланировано 32,3 трлн тенге, или, с учетом уже освоенного, как минимум по 8 трлн тенге ежегодно.

«Выручает» необеспеченность таких объемов проектными и строительными мощностями, в этом смысле МЭКС заведомо невыполнима. Однако коль скоро создание инфраструктуры развития все равно необходимо, продолжим оценку таких вложений с позиций «тариф в обмен на инвестиции».

Понятно, что расчеты по нынешним заимствованиям начнутся уже после истечения текущей президентской каденции и тарифы вплоть до 2029 года возвратом можно будет не нагружать.

Однако следует исходить из необходимости продолжения МЭКС и при следующем президенте, причем с даже нарастающим объемом инвестиций. Поэтому для определения уровня тарифов, достаточного для балансирования расчетов по прежним заимствованиям со следующими заемными инвестиционными потоками, мы вправе сделать такую оценку до данным МЭКС и Инфраструктурного плана до 2029 года. Она такова: емкость рынка электроэнергетики, тепло-и водоснабжение по ожидаемым показателям 2025 года – порядка 2,3 трлн тенге. При ежегодном возвратном инвестировании 8 трлн имеем необходимость увеличения тарифов в $(8 + 2,3) / 2,3 = 4,5$ раза.

Рост тарифов в 4,5 раза – это для возврата только тела займа, тогда как бюджетной компенсации коммерческого процента тоже заведомо недостаточно. Деньги ЕНПФ и вообще на внутреннем рынке стоят «от 15 %». Относительно дешевые внешние займы приходится догружать еще понижением курсовой стоимости тенге. За последние пять лет курс с 383 за доллар в 2019 году упал до ожидаемых по году 530 тенге, итого $(530 - 383) / 383 = 38 \%$, или в среднем более 6 процентов годового падения. Что даже при льготных 5 % от ЕБРР или других кредиторов все равно выходит за объемы бюджетной компенсации. В результате «тариф в обмен на инвестиции» выходит за пятикратную величину.

Впрочем, необходимость даже удвоения тарифов уже ставит под вопрос такой способ инвестирования и заставляет искать не внешние и вне-тарифные варианты.

Обопрямся на следующую цитату из Национального проекта: «В целях организации оперативного и эффективного взаимодействия, координации и мониторинга реализации Национального проекта будет создан Проектный офис при Правительстве с участием отраслевых государственных органов, местных исполнительных органов, а также финансового и технического операторов».

Несомненно, что создание такого проектного офиса надо форсировать, при этом, со своей стороны, полагали бы наиболее правильным создать его конкретно при АО «Казцентр ЖКХ».

Отсюда первый пункт плана работы Общественного совета:

1. Разработка и принятие рекомендации Общественного совета в адрес правительства по созданию при «Казцентре ЖКХ» проектного офиса «Создание инфраструктуры перспективного и конкретного проектирования, строительного-монтажного конвейера и производственных цепочек, оптимизация рынка электроэнергетики и услуг ЖКХ, тарифной и инвестиционной политики для обеспечивающих реализацию МЭКС».

И далее:

2. Сопровождение разработки в Проектном офисе, рассмотрение и принятие на Общественном совете в виде рекомендаций в соответствующие инстанции следующих первоочередных документов:

А) Концепция устройства оптового и розничных рынков электроэнергетики в системе Единого закупщика с оптимизацией тарифной и инвестиционной политики для полноценного выполнения национального проекта МЭКС;

Б) Концепция реорганизации системы управления городским жилищным и коммунальным хозяйством, включая обеспечение полного приборного учета и нормализацию тарифной политики;

В) Концепция национального и вне-тарифного инвестирования электроэнергетики, ЖКХ и другой инфраструктуры.

Направление развития ВИЭ и накопителей энергии в энергетике Казахстана

Трофимов Г.Г., д.т.н., профессор, заслуженный энергетик Казахстана и СНГ;
Яшков В.А., профессор, заслуженный энергетик Казахстана (Атырау);
Турымбекова Г.Д., доцент, заведующий кафедрой (Шымкент);
Клецель М. Я., д.т.н., профессор (Павлодар);
Турганов Д.Н., к.т.н., заслуженный энергетик Казахстана, депутат Мажилиса РК

Казахстан обладает уникальными условиями для использования огромного природного потенциала с солнечной и ветровой энергии в интересах энергетики страны. Это делают его одним из наиболее перспективных регионов мира для развития ВИЭ.

В 20 веке до появления ВИЭ в Казахстане назрел целый ряд проблем решение которых возможно за счет ВИЭ.

Остановимся на них.

Истощение ископаемых ресурсов. Уже в середине 20 века стало очевидно, что запасов нефти и газа при существующих темпах добычи и потребления хватит порядка 45–65 лет.

Экологические и климатические вызовы. В Казахстане добыча электроэнергии из ископаемого топлива, которое является основным источником парниковые газы, особенно CO², составляет около 83 %. Международное энергетическое агентство (IEA) отмечает, что энергетический сектор – крупнейший источник глобальных выбросов CO².

Энергетическая безопасность. Зависимость электроэнергетики страны от угольной и газовой генерации при отсутствии достаточного количества мощных трансграничных ЛЭП влияет на энергетическую безопасность и стоимость электроэнергии.

Неравномерность доступа к энергии. Неравномерное распределение традиционных источников по стране и наличие отгонных пастбищ приводит к дефициту электроэнергии в отдельных регионах.

Отдаленность источника от потребителя. Доля Экибастузских ГРЭС, работающих на пределе своих возможностей, составляет более 25

% от общего объема электроэнергии на огромных просторах Казахстана. Отдаленность от потребителя как этого, так и других источников электроэнергии оказывает отрицательное влияние на экономику и экологию.

Ограниченная масштабируемость инноваций и медленная модернизация инфраструктуры. Крупные энергетические проекты в стране требуют значительных капиталовложений и длительного времени строительства, что тормозит быстрое внедрение новых технологий и реагирование на технологические/социальные изменения.

Огромная централизация принятия решений и невозможность учета и влияния потребителей. В этом случае все решения, связанные с развитием и изменением электрической сети, используют систему централизованного управления, что снижает гибкость сети, удлиняет сроки реализации, не учитывает интересы потребителей энергии, не позволяет им управлять сетью и замедляет для них внедрение передовых технологий.

Поэтому появление и развитие ВИЭ в Казахстане – это не случайность, а исторический ответ на проблемы, с которыми столкнулась страна в начале этого века.

В Казахстане в начале 21 века вместе с другими странами начался процесс расширенной интеграции ВИЭ в энергетику.

Бурному развитию ВИЭ в 21 веке способствовали:

Децентрализация энергетики.

Децентрализованная энергетика обеспечивает большую гибкость, меньше подвержена рискам и воздействиям климата. Распределенные

системы за счет ВИЭ позволяют развивать автономные электростанции в отдаленных регионах, что повышает устойчивость энергосистемы и снижает потери при передаче энергии.

Технологический прогресс.

Ранее ВИЭ в Казахстане были ограничены гидроэнергетикой. С момента начала использования ВИЭ в энергетике за счет совершенствование технологий, конкурентных цепочек поставок и экономии за счёт масштаба стоимость их значительно снизилась.

Энергетическая безопасность.

ВИЭ позволяют снизить зависимость от импорта и от отдельных стран, добавить новые типы генерации, повысить диверсификацию энергетического баланса.

Экологическая устойчивость.

ВИЭ, такие как СЭС и ВЭС, практически не производят CO² что снижает выбросы парниковых газов и помогает бороться с изменением климата. Это делает энергосистему экологически совместимой с целями устойчивого развития и Парижским соглашением.

Сохранение природных ресурсов.

ВИЭ позволяют сохранить и эффективно использовать свои природные ресурсы, что укрепляет энергетический суверенитет и повышает энергетическую независимость.

Государственная поддержка и международные соглашения.

В начале разворачивания процесса интеграции ВИЭ обычно применяется Государственная поддержка в виде финансовых стимулов: субсидий и грантов, «зелёных» тарифов, налоговых льгот и различных регуляторных механизмов.

Инвестиционная привлекательность.

ВИЭ стали привлекательны для инвесторов. Гарантии правительства, тарифные/аукционные рамки и налоговые стимулы, уменьшают политический и регуляторный риск и повышают доходность.

Финансовые выгоды энергосистемы от использования ВИЭ.

Появившиеся в конце прошлого века ВИЭ позволили уже сегодня обеспечить значительную выгоду для энергосистем. Они экономят затраты электрических станций на ископаемое топливо. Только общее сокращение затрат на ископаемое топливо в 2024 г. в мире составило 467 миллиардов долларов США [1].

Так анализ проведенный для США [2], (на основе данных о ценах предоставленных Управлением энергетической информации и рассчитанных с использованием средних цена на ископаемое топливо) показал, что при выработке 1057 ТВт·ч электроэнергии из ВИЭ в 2024 году только за счет замещения ископаемого топлива (30 % угля; 70 % газа) предполагаемые выгоды могут составить:

• 4,1 млрд долларов США только за счет экономии затрат на ископаемое топливо

• 21,5 млрд долларов США – предотвращенный ущерб от загрязнения воздуха.

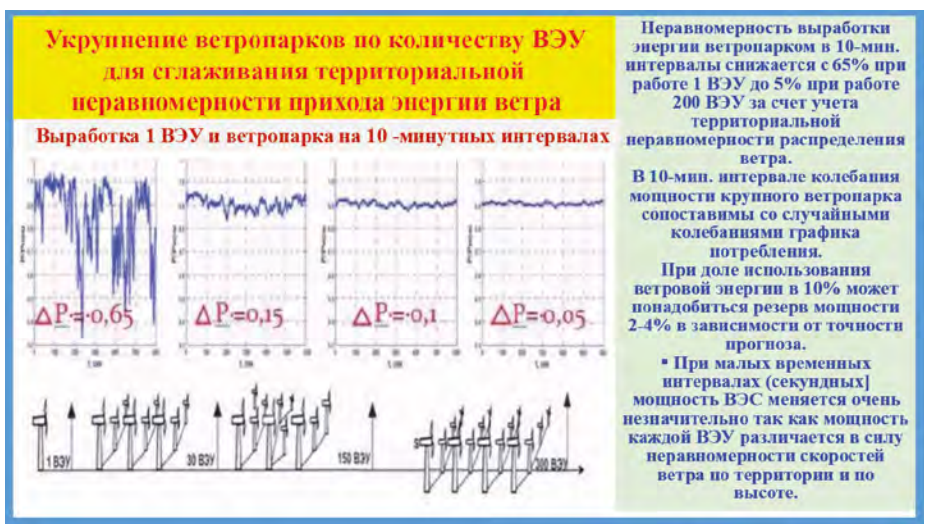
Следующая таблица [3] дополняет этот анализ, представляя сравнительные оценки предотвращенных затрат на ископаемое топливо и ущерба от загрязнения воздуха в нескольких крупнейших странах.

	Китай	Германия	Бразилия	Австралия
Сокращение затрат на ископаемое топливо (млрд долларов США)	179,8	16,4	28,3	5,0
Предотвращенный ущерб от загрязнения воздуха (млрд долларов США)	261,1	6,0	3,9	1,9
Всего (млрд долларов США)	440,9	22,4	32,2	6,9

Таблица 1. Предполагаемые ежегодные выгоды от производства энергии из ВИЭ в отдельных странах, 2024 год.

Равномерное распределение объектов ВИЭ по территории Казахстана может обеспечить Казахстану целый ряд дополнительных преимуществ.

Развитие ВИЭ в разных регионах и централизованных, крупных элек-



тростанций: ВИЭ обеспечат более стабильное и устойчивое энергоснабжение по всей стране, включая отдаленные и малонаселенные районы, которые традиционно страдают от высоких потерь при передаче энергии.

Кроме того отметим, что если 50 ВИЭ по 100 МВт) расположить по всей территории страны, то это снизит неравномерность выработки, что показано выше ▲, и возможные крупные коллапсы – масштабные аварии и блэкауты, затронувшие целые страны и регионы*.

Однако, необходимо отметить, что широкая интеграция ВИЭ создала также некоторые технические и экономические проблемы, связанные с режимом работы и управлением как для энергосистемы так и для рынка электроэнергии.

Проблемы в энергосистемах, связанные с интеграцией ВИЭ

С появлением ВИЭ энергосистемы по всему миру переживают смену

парадигмы. С одной стороны разнообразие видов топлива для генерации стало источником уверенности в надежности электроснабжения обширного региона. А с другой ВИЭ на основе инверторов заменяют традиционные вращающиеся синхронные генераторы, которые ранее за счет инерции вращающихся турбин и генераторов обеспечивали основную долю гибкости энергосистемы в прошлые десятилетия. А теперь за счет широкой интеграции переменчивых ВИЭ доля синхронных генераторов в энергосистемах сокращается. ВИЭ отделены от сети, они не создают вращающую массу, как турбины ТЭС и не могут влиять на гибкость поскольку они взаимодействуют с сетью через силовые электронные инверторы. Увеличение доли ВИЭ снижает инерцию системы, создавая проблемы при эксплуатации энергосистем по всему миру. Снижение инерции уменьшает гибкость энергосистемы, понижает надежность сети и может создавать серьезные проблемы не только для устойчивости сети, но и для степени интеграции ВИЭ [4].

Выдаваемая мощность СЭС и ВЭС зависят от погодных условий и времени суток. Даже небольшие изменения режима работы ВИЭ напрямую влияют на стабильность напряжения и частоты в энергосистеме вызывая их колебания. Быстрые изменения мощности от ВИЭ вызывают фликер, скачки напряжения, значительные отклонения частоты. Это нарушает режимные параметры: частоту, напряжение, баланс мощности. Для компенсации этого требуются дополнительные резервные источники активной и реактивной мощности.

Кроме того, интеграция ВИЭ в энергосистему вызывает дополнитель-

* А. Наурызбаев, казахстанский энергетик, экономист, в неопубликованной статье «Надежность пула электростанций на ВИЭ».

ные сложности балансировки сети и диспетчеризации. Централизованные системы плохо справляются с распределённой генерацией. Требуется внедрять новые инструменты мониторинга, прогнозирования погоды, создавать новую архитектуру управления большим числом распределённых ресурсов: цифровые платформы, систему прогнозирования, автоматизации и обучения персонала, что требует затрат. Инверторные ресурсы в «слабых» сетях хуже поддерживают напряжение.

А при снижении доли синхронных генераторов это приводит к снижению напряжения, а следовательно и к уменьшению тока короткого замыкания, что осложняет защиту, нарушает селективность, а также работу традиционных устройств регулировки реактивной мощности. Требуются новые решения по управлению реактивной мощностью и сетевым усилениям.

Широкая интеграция ВИЭ приводит к ограничению по пропускной способности сетей. Сети бывают не готовы к приёму большого объёма распределённой генерации. Они не рассчитаны на двусторонние потоки энергии. Возникают перегрузки, особенно в периоды пикового производства (например, солнечный полдень). Требуется модернизация сетей и внедрение умных сетевых решений (Smart Grid).

Интеграция накопителей энергии на силовой электронике – влечёт за собой существенные изменения режимов сети, которые меняют условия работы релейной защиты, повышая требования к алгоритмам, селективности и измерительным принципам.

Наличие в энергосистеме ВИЭ создает и экономические проблемы. Из-за переменной генерации в энергосистеме возникает колебание цен на электроэнергию, что нарушает стабильность рынка. Традиционные рыночные механизмы, ориентированные на объём энергии, плохо компенсируют «услуги мощности» (инерция, быстрая регулировка, синхронный резерв). Для компенсации этого необходима реформа рынка и разработка новых требований к рынкам, тарифам и механизмам компенсации этих проблем.

Таким образом, широкая интеграция переменных ВИЭ достигающая очень высокой доли в производстве электроэнергии во многих регионах, в сочетании со снижением объемов производства электроэнергии традиционными методами, требует чтобы энергосистемы умели справляться с возросшей изменчивостью и неопределенностью, увеличив потребности в гибкости. Необходимо преодолеть технические и экономические проблемы, принципиально отличающиеся от тех, с которыми традиционно сталкивались энергосистемы. Это создает сложности не только для операторов систем, но и регулирующих органов и для политиков.

Процесс интеграции переменных ВИЭ в энергосистемы по рекомендации IEA.

С 2018 по 2023 гг. мощность солнечных и ветровых станций в мировой энергетике более чем удвоилась. Для успешной интеграции необходимы проактивные стратегии: развитие систем накопления энергии (СНН – ESS или просто накопителей), сетей, гибких рынков. Цель – максимизировать выгоды от ВИЭ, снизить зависимость от ископаемого топлива и минимизировать затраты на поддержание стабильности.

IEA рассматривает интеграцию переменных ВИЭ (ветра, солнца, малых ГЭС) как процесс постепенного увеличения гибкости энергосистемы за счет генерации, сетевой инфраструктуры, накопителей и управления спросом. Главная цель – обеспечить устойчивость и надежность сети при росте доли ВИЭ в энергосистеме.

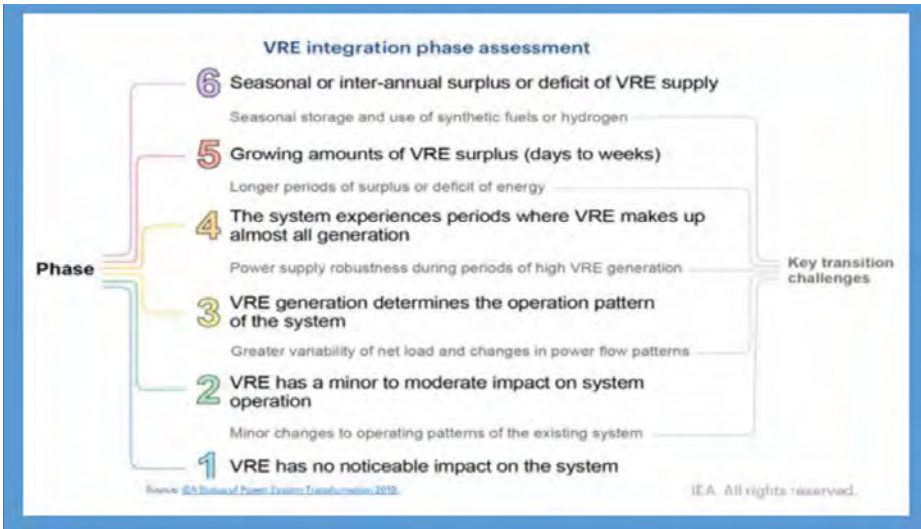


Рис. 2. Поэтапная структура процесса интеграции ВИЭ [5].

IEA видит интеграцию ВИЭ как эволюционный процесс, где каждая новая ступень роста доли ВИЭ требует большего уровня гибкости энергосистемы. Это не только техническая задача, но и институциональная – нужны новые рынки услуг, межсистемные связи и цифровые технологии.

IEA разбивает процесс интеграции ВИЭ на этапы:

Низкая доля ВИЭ (до 10 %) – система справляется без значительных изменений.

Средняя доля (10–30 %) – нужны накопители и гибкие станции.

Высокая доля (>30 %) – требуется комплексная трансформация: цифровизация, межсистемные связи, новые рынки услуг.

Весь процесс интеграции ВИЭ в энергосистеме IEA разбивает на 6 фаз (см. табл. 2 ▶). Общая тенденция этого рисунка в том, что чем выше этап, тем выше влияние переменных ВИЭ на энергосистему.

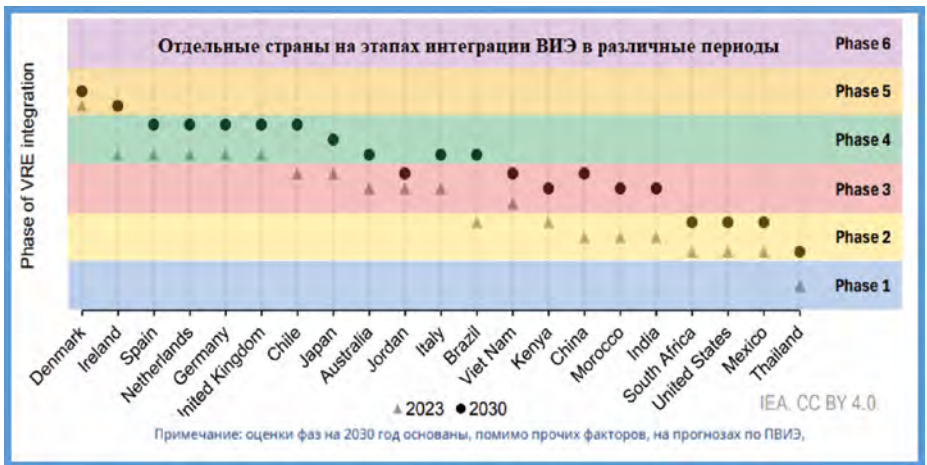
Доля установленной мощности ВИЭ (ветер и солнце) в энергосистеме Казахстана сегодня составляет около 12,5 %. Это соответствует фазе 2–3 по классификации IEA. Уже возникают заметные колебания нагрузки и потребность в гибкости.

Только из этой оценки ясно, что ВИЭ уже начинают определять режим работы энергосистемы в которой ограниченная маневренность ГЭС и ТЭС и нехватка накопителей. Это значит, что без масштабного внедрения накопителей и гибких мощностей рост ВИЭ будет ограничен. Чтобы двигаться дальше, нужно создать рынок гибкости и инвестировать в BESS, LAES и ГАЭС.

Фаза	Доля ВИЭ	Характеристика	Основные меры
1. Начальная	<5 %	ВИЭ не оказывают заметного влияния на энергосистему	Локальные корректировки, прогнозирование
2. Первые вызовы	5–10 %	ВИЭ оказывают незначительное или умеренное влияние и уже появляются заметные колебания нагрузки	Улучшение диспетчеризации, прогнозы ВИЭ
3. Влияние существенно	10–20 %	ВИЭ уже влияют на режим работы системы. Надо начать применять механизмы для их смягчения или устранения	Накопители, гибкие станции, «evduck curve»
4. Почти полное покрытие	20–40 %	Система переживает периоды когда переменные ВИЭ покрывают почти весь спрос в отдельные часы	Новые правила рынка, быстрые резервы
5. Избыток ВИЭ	40–60 %	Частые периоды профицита генерации. Рост излишков от дней до недели	Массовое внедрение ESS и управление спросом
6. Высокая доля ВИЭ	>60 %	Система полностью перестраивается под ВИЭ. Может наблюдаться сезонный или межгодовой избыток ВИЭ	Цифровизация, межсистемные связи, новые стандарты

▲ Таблица 2.

▼ Рисунок 3.



▲ Рисунок 4.

▼ Рисунок 5.

Характеристика маневренных качеств различных типов электростанций				
Тип электростанции	Технический минимум нагрузки, в % (отношение минимальной допустимой мощности к установленной)	Регулируемый диапазон, в %	Время набора полной мощности, мин	
			После остановки	Из горячего состояния
АЭС	85–90	10–15	390–660	60
Мощные ТЭС	70–80	20–30	90–180	20–50
ГТУ	0	100	15–30	0,5
ГЭС	0	100	1–2	0,25–0,5*
ГАЭС	0	200	1–2	0,25–0,5*

* При вращении в режиме холостых оборотов.

На рис. 3 [6] показан процент стран мира с разной долей генерацией ВИЭ в мировом электроэнергетическом балансе. Из него ясно, что на сегодняшний день большинство стран мира еще не достигло этого этапа.

На рис. 4 показаны этапы на которых находятся отдельные страны мира [6].

Из рисунка видно, что в большинстве стран ожидается интеграция ВИЭ [6]. Причем уже в наши дни немало энергосистем в разных странах с высокой долей выработкой электроэнергии переменными ВИЭ, которые находятся на 4 этапе и даже на 5 этапе. Так, Германия, Ирландия, Испания, Китай и Япония достигли 4-й фазы. Эта фаза характеризуется максимальной выработкой электроэнергии в стране в определенные периоды за счет ВИЭ. В эти периоды основной проблемой для них является обеспечение стабильности системы. Ожидается, что многие страны перейдут к четвертой фазе в ближайшие годы.

Существующая ситуация с маневренной мощностью в Казахстане

В Казахстане доминирует устойчивая (базовая) генерация – крупные угольные ТЭС. В настоящее время доля угольных электростанций преобладает и составляет около 70 % всей выработки. Однако угольная генерация, доля которой велика в энергосистеме, в основном работает в базовом режиме, они не являются гибкой и не позволяют осуществлять необходимое регулирование, не способны быстро маневрировать (набирать/снижать мощность электроэнергии).

По информации KEGOC в ЕЭС Казахстана для регулирования графика нагрузок используются крупные гидроэлектростанции (рис. 5) [7]:

- Бухтарминская ГЭС, располагаемая мощность – 675 МВт;
- Усть-Каменогорская ГЭС, располагаемая мощность – 335 МВт;
- Шульбинская ГЭС – 702 МВт;
- Капчагайская ГЭС – 364 МВт.

Отсутствие маневренных мощностей – это давняя «болезнь» казахстанской энергетики. Она затрудняет управление режимом, особенно в часы прохождения максимальных нагрузок, не позволяет проводить оптимальную балансировку своими силами.

В 2020 г. в энергосистеме Казахстана уже существовал дефицит маневренной мощности. Это подвигло АО «KEGOC» совместно с экспертами проекта USAID «Энергия будущего» в 2020 г. провести исследование, связанное с надежностью работы энергосистемы Казахстана, при регулярном воздействии на нее переменных ВИЭ. В нем была определена необходимая для энергосистемы величина нормативного размера маневренной мощности при имеющейся в то время мощности ВИЭ. Эту величину необходимо знать системным операторам, чтобы обеспечить балансировку энергосистемы при непостоянном режиме работы возобновляемой генерации.

Естественно, что величина нормативного размера маневренной мощности зависит от различных факторов, включая соответствующую установленную мощность ВИЭ и текущее состояние энергосистемы и др. На основе экспериментов в 2020 г. в реальной энергосистеме определили, что при мощности ВИЭ 650 МВт необходимо, чтобы 1 МВт регулируемой мощности приходился на 2 МВт установленной мощности ВИЭ [8]. На тот момент в казахстанской энергосистеме мощность ВИЭ составляла 3 % в энергобалансе страны. В то время возможности энергосистемы, за счет использования регулирующей мощности ГЭС и запаса инерции вращающихся турбин и генераторов, позволяли иметь требуемые 260 МВт регулирующей мощности. Этого имеющегося размера маневренной мощности тогда хватало для балансировки имеющегося в энергосистеме мощности.

Это была только констатация факта и попытка решения назревшей проблемы только в тот момент. К сожалению, АО «KEGOC» не задумывалось о завтрашнем дне. Для них было важно мгновенно решить проблему когда доля ВИЭ увеличила необходимость в маневренной мощности.

В тот 2020 г. мы понимали что такая оценка необходима только для мгновенного решения назревшей тогда проблемы, связанной только с балансировкой энергосистемы при недостаточном количестве маневренной мощности, при воздействии переменной генерации ВИЭ. Было ясно,

что этот подход, с определением необходимой мощности, примененный ими может быть только сиюминутным.

Понимая, что в энергетике страны назрели проблемы тормозящие ее развитие, в 2020 году мы остановились на некоторых из них и предложили пути их решения [9].

А затем в 2021 г. мы отметили что уже много лет в Казахстане не хватает маневренных мощностей. Регулирующих мощностей ГЭС недостаточно энергосистеме, доля газовой генерации, которая тоже могла бы помочь, мала, а большинство традиционных тепловых электростанций не в состоянии справиться с этой проблемой [10].

Мы предлагали различные методы которые могли бы способствовать увеличению маневренной мощности. И в первую очередь – использование традиционных ГАЭС. Описывали их возможности влиять на режим энергосистемы, примеры использования их в разных странах и целесообразность применения ГАЭС в Казахстане. Рекомендовали относительно простой вариант ГАЭС, который можно легко реализовать в Казахстане по уже известному примеру его использования в мировой энергетике. И даже предлагали возможные места строительства ГАЭС на территории Казахстана. Мы полагали, что предлагаемые решения позволят в короткие сроки за счёт ГАЭС в значительной степени способствовать ликвидации дефицита маневренных мощностей в стране. Кроме того, значительная часть статьи была посвящена ВИЭ и накопителям энергии. Мы привели рекомендации Международного энергетического агентства (IEA) для сотрудников министерств энергетики и регуляторов энергетических рынков направленные на решение проблем интеграции ВИЭ в энергосистемах. И было показано, что уже пришло время когда для обеспечения нормального режима энергосистемы необходимо установить накопители энергии. Однако до сих пор в энергосистеме Казахстана ни ГАЭС, ни накопители энергии не установлены.

Следует отметить, что в [11] уже тогда так же предсказывалось, что если потребность в маневренной

мощности для балансировки сектора зеленой энергетики увеличится в 3 раза в ближайшие годы, то весь резерв маневренной мощности содержащийся в инерционной способности вращающихся турбин и генераторов энергосистемы будет исчерпан и функционирование Национальной электрической сети заметно ухудшится.

В 2022 году наблюдался исторический максимум потребления электроэнергии за все годы и составил 16 459 МВт при выработке 15 203 МВт, в результате чего из Российской Федерации импортируется уже 1 256 МВт, что отмечено резким скачком по сравнению с предыдущими годами (в 2018 году – 268 МВт, в 2019 году – 301 МВт, в 2020 году – 300 МВт, в 2021 году – 388 МВт) [12].

Пиковое потребление в 2024 г по данным KEGOC достигло 17 203 МВт. А объем генерации в совокупные часы пик составил 15 402 МВт. Причем по сравнению с 2023 г разница увеличилась [13]. А общая установленная мощность ВИЭ в 2024 г. достигла порядка 3 ГВт. Их них на долю ВЭС приходилось 1,52 ГВт, СЭС – 1,22 ГВт, малые гидроэлектростанции – 0,26 ГВт. В общем балансе электроэнергетики доля ВИЭ в Казахстане в 2024 году достигла 6,43 %, что на год раньше запланированного срока [14].

Из сказанного ясно что значительный разрыв между потреблением и возможностями генерации тяжким бременем ложится на плечи энергосистемы.

Таким образом видно, что в энергосистеме Казахстана уже много лет наблюдается стабильная положительная динамика увеличения доли генерации ВИЭ в общем энергобалансе страны. Кроме того отметим, что за последние 10 лет развитие энергетики в Казахстане происходило за счет ВИЭ. За счет этого если в 2020 доля ВИЭ в энергобалансе страны составляла 3 %, то в 2024 г она увеличилась почти вдвое. Естественно, что из-за роста доли ВИЭ все больше увеличивается нестабильность выработки. Наблюдаются резкие колебания, прогнозные отклонения.

Здесь следует отметить, что в Казахстане с 2018 года начали проводить аукционы на строительство объектов ВИЭ.

АО «Казахстанский оператор рынка электрической энергии и мощности» (АО «КОРЭМ»), которое было назначено официальным оператором и ответственным за проведение аукционов, предоставляло электронную торговую площадку и обеспечивало техническую сторону торгов. АО интересовало только их мощность и стоимость, и не оговаривало использование накопителей энергии при строительстве ВИЭ. Мы много раз на разных уровнях при общении с энергетиками указывали, что такой подход при широкой интеграции ВИЭ в энергосистему не допустим. Требование о реализации проектов ВИЭ совместно с системами накопления энергии впервые появилось только в 2025 году, когда Министерство энергетики включило такие проекты в официальный график аукционов. И впервые в графике аукционов было указано требование строительства ВЭС с системой накопления энергии (например, проект мощностью 1000 МВт для Северной зоны ЕЭС Казахстана), что отражало переход к следующему этапу интеграции ВИЭ, когда накопители

становятся обязательным элементом для обеспечения маневренности и надежности системы [15].

Это привело к тому, что в марте 2025 г. KEGOC заявил о необходимости приостановить запуск новых ВИЭ-проектов на 2–3 года с точки зрения обеспечения стабильности, пока не будет достаточной гибкости [16]. Этого и следовало ожидать еще 4 года назад.

После чего 28.05.2025 г. в Астане прошла Международная конференция «Роль систем накопления энергии BESS в энергетике Казахстана». Была представлена презентация первой в Казахстане Белой книги «Применение систем накопления энергии BESS в ЕЭС РК», подготовленной Ассоциацией ВИЭ «Qazaq Green» совместно с Китайской компанией Huawei, которая должна поставит систему BESS мощностью 4,4 мегаватта и обеспечить ее сопровождение и мониторинг в течение года. [17].

Отметим, что эта мощность накопителей энергии сегодня не позволит энергосистеме даже частично сгладить пики, так как по нашему мнению эта выбранная мощность накопителей

по меньшей мере в 50 раз меньше того, что требуется энергосистеме Казахстана не для обеспечения стабильной работы, а хотя бы только для того чтобы накопители энергии могли бы немного облегчить работу энергосистемы.

Функциональные возможности и услуги накопителей энергии в энергосистемах

Хотелось бы вначале отметить, что в качестве накопителей энергии для Казахстана мы будем иметь в виду не только аккумуляторные системы BESS и другие широко известные типы классических накопителей, но и ГАЭС, которые также способны решить возникшие проблемы в энергетике страны.

Таблица 3 ниже классифицирует услуги, предоставляемые накопителями энергии только в энергосистеме Казахстана (фактически их больше для энергосистем мира) с разделением по типу новации (новые и улучшенные), а также по характеру эффекта (технический и экономический). В таблице цветная маркировка на зеленом фоне отражает новые функции, а на голубом – улучшенные функции.

Услуга / Функция	Характер эффекта	Содержание услуги	Возможный эффект
Двусторонний поток мощности	Технический	Обмен энергией между сетью и накопителем	Гибкость и активное участие в управлении сетью, обеспечивающее кардинальное повышение маневренности и многофункциональности системы
Декомпозиция по времени производства и потребления	Режимный/ Экономический	Разделение генерации и потребления во времени обеспечивающая накопление избыточной энергии и временной сдвиг (Time Shift) при ее отдаче	Балансировка спроса и предложения. Снижение затрат на электроэнергию (временной арбитраж)
«Склад» электроэнергии	Режимный/ Экономический	Хранение и использование энергии в оптимальный момент	Снижение затрат и повышение надежности
Степный сервис	Экономический	Предоставление накопителем нескольких услуг. Одновременно или последовательно (например, регулирование частоты и снижение пиков)	Максимизация доходности энергосистемы и ускорение окупаемости инвестиций в ESS
Виртуальные накопители	Функциональный	Объединение и совместное управление распределенными ресурсами (ESS, управляемая нагрузка) как единым крупным объектом	Снижение капитальных затрат, повышение гибкости за счет использования распределенных ресурсов и интеграции ВИЭ
Гибридные системы накопления	Технический	Комбинация разных технологий ESS (например, батарей для энергии, маховики для мощности) в одной системе	Оптимизация характеристик ESS (сочетание высокой мощности и большой энергоемкости) и повышение надежности
Длительное хранение энергии	Технический/ Экономический	Хранение энергии на срок от часов до недель и более	Обеспечение резерва для длительных периодов без ВИЭ генерации. Полная декарбонизация системы
Интеграция с транспортом	Функциональный	Использование аккумуляторов электромобилей для отдачи энергии в сеть, когда электромобили не используются	Создание огромного распределенного резерва мощности, повышение гибкости сети
Интеллектуальное управление	Технический	Оптимизация работы ESS с помощью ИИ	Предиктивное управление и повышение КПД
Повышение инерционности	Режимный	Электронное имитирование инерционного отклика традиционных генераторов	Повышение общей устойчивости системы при высокой доле безинерционных ВИЭ
Регулирование частоты при низкой инерции	Технический	Имитация инерции с помощью ESS. Сверхбыстрое и точное предоставление резерва в сетях с высокой долей ВИЭ	Компенсация потери механической инерции из-за ВИЭ. Обеспечение устойчивости сети к малым возмущениям
Регулирование частоты	Технический	Быстрое изменение активной мощности для поддержания частоты сети в заданных пределах	Повышение устойчивости энергосистемы и снижение потребности в резерве. Предотвращение системных аварий. Улучшение качества электроэнергии
Снижение требований к прогнозированию	Режимный/ Экономический	Компенсация ошибок прогнозов ВИЭ. Использование ESS для коррекции краткосрочных ошибок прогноза генерации ВИЭ или потребления	Снижение дисбалансов и штрафов из-за ошибки прогноза, повышение точности оперативного планирования
Обеспечение бесперебойного питания (UPS)	Экономический	Резервное питание при отключении сети	Повышение надежности электроснабжения критических объектов
Снижение резервной мощности	Экономический	Замена традиционных горячего и холодного (тепловых) вращающихся резервов на быстрые электронные резервы ESS	Снижение эксплуатационных расходов традиционной генерации
Поддержка напряжения на основной частоте	Технический	Регулирование реактивной мощности для поддержания напряжения в узлах сети	Повышение качества электроэнергии, снижение потерь
Поддержка качества электроэнергии	Технический	Фильтрация гармоник, компенсация провалов напряжения, предотвращение фликера	Защита чувствительного оборудования потребителей, соблюдение стандартов. Улучшение качества электроэнергии
Снижение потерь в сетях	Технический/ Экономический	Оптимизация потоков мощности и минимизация потерь на участках сети за счет ESS в узлах нагрузки	Экономия энергии, повышение общей эффективности системы. Снижение пиков мощности
Снижение пиков нагрузки	Экономический	Использование ESS для покрытия пикового спроса, вместо включения дорогой пиковой генерации. Сглаживание суточных колебаний	Снижение платежей за пиковые мощности. Экономия затрат на электроэнергию
«Черный старт»	Технический	Использование ESS для автономного запуска генерирующего оборудования после полного обесточивания энергосистемы	Критически важное ускорение восстановления системы после сбоя. Повышение надежности восстановления системы
Участие в рынках гибкости	Экономический	Предоставление регулирования на коммерческой основе. Предоставление услуг по быстрому изменению потребления/генерации по требованию оператора	Создание новых бизнес-моделей, получение дополнительного дохода, повышение ликвидности рынка
Ценовой арбитраж	Экономический	Заряд в часы низких цен, разряд в часы высоких	Снижение затрат на электроэнергию
Отсрочка модернизации сетевой инфраструктуры	Экономический	Использование ИТ для снятия перегрузок на линиях и подстанциях, откладывая капитальные вложения	Снижение капитальных затрат на развитие сети и оптимизация инвестиционного цикла
Сетевое строительство	Экономический/ Технический	Применение ESS как альтернативы строительству новых ЛЭП или подстанций	Более быстрое и дешевое решение проблем с пропускной способностью сети

Рассмотрим отдельные функциональные особенности использования накопителей в энергосистемах.

Накопители энергии устранили фундаментальное ограничение энергосистем – необходимость синхронного производства и потребления электроэнергии, радикально изменив парадигму одновременности в энергосистеме.

Ранее традиционная энергосистема базировалась на принципе необходимости мгновенного строгого равенства между производимой и потребляемой электроэнергией в каждый момент времени (парадигма одновременности), поскольку электричество было невозможно хранить. Любое значительное отклонение приводило к проблемам со стабильностью (изменение частоты).

Накопители энергии впервые в истории разрушили этот принцип что кардинально меняет архитектуру и экономику энергосистем. Они отделили генерацию от потребления. Сейчас накопители позволяют сохранять избыточную энергию для последующего использования в часы пик или при дефиците. Это не только разъединяет процессы генерации и потребления, но и устраняет необходимость в постоянном балансе генерации и потребления ослабляя жесткую связь одновременности без влияния на режим энергосистемы.

Накопители энергии повлияли на развитие двунаправленного потока мощности

Традиционная энергосистема работала по принципу «сверху-вниз»: электростанции (ТЭС, ГЭС, АЭС) производят энергию, которая передается по ЛЭП через подстанции и потребляется в конце цепи. Поток мощности был строго однонаправленным (от генератора к потребителю).

Накопители энергии изменили этот принцип за счет своей уникальной способности:

Мгновенно поглощать мощность: ESS могут выступать в качестве нагрузки, потребляя избыточную энергию из сети в моменты высокого производства (например, при сильном ветре или ярком солнце).

Мгновенно инжектировать мощность: ESS могут выступать в качестве

Элемент сети	Влияние на элемент сети двунаправленного потока за счет наличия накопителя энергии
Электрические станции (генерация)	ESS сглаживают прерывистый характер выработки. Избыточная энергия сохраняется, а затем высвобождается, превращая переменный источник в более предсказуемый и надежный. ESS берут на себя функции первичного и вторичного регулирования частоты и быстрые изменения мощности. Кроме того на этих станциях снижается нагрузка в часы пик и появляется возможность работать в оптимальных режимах. Это позволяет традиционным станциям работать в более стабильных и экономичных режимах (базовая нагрузка) без постоянной необходимости маневрирования. Обычно они используются как резерв или для покрытия пиковой мощности. За счет ESS они стали реже включаться, экономя газ. ТЭС, ГЭС, АЭС, Газовые электростанции
Подстанции и сеть	Подстанции, оснащенные ESS становятся интеллектуальными узлами, управляющими потоками в обе стороны. Появляется возможность локального хранения и выдачи энергии, что снижает потери при передаче. ESS, интегрированные на уровне подстанций, превратили пассивные узлы в активные, что позволяет осуществлять регулирование сети: ESS обеспечивают мгновенную стабилизацию напряжения и частоты в узловых точках, компенсируя локальные колебания и поддерживая качество электроэнергии. управлять перегрузками: в случае перегрузки ЛЭП накопитель может поглощать мощность до критической линии, а затем отдавать ее, когда нагрузка снизится. отсрочить строительство: ESS, расположенные в стратегических местах, могут временно взять на себя увеличение нагрузки, позволяя энергокомпаниям отложить дорогостоящее строительство новых линий электропередачи и подстанций.
Потребители энергии	Двунаправленный поток создал категорию просьюмеров и дал потребителям активную роль в управлении энергосистемой: управление спросом - потребители с собственными ESS могут заряжать их при низких тарифах и использовать накопленную энергию (становиться "поставщиком" для себя) в часы пик, снижая нагрузку на общую сеть. резервирование и устойчивость электроснабжения - ESS обеспечивают автономное питание во время отключений, повышая устойчивость отдельных потребителей и критической инфраструктуры. интеграция распределенной генерации: ESS энергии позволяют частным солнечным панелям на крышах легко отдавать избыточную энергию обратно в сеть, что было бы невозможно без двунаправленного обмена.

Таблица 4.

генератора, отдавая накопленную энергию обратно в сеть, когда это необходимо (например, в часы пик или при падении выработки ВИЭ).

Технически это стало возможным благодаря использованию двунаправленных инверторов, которые позволяют току течь в обе стороны – из сети в накопитель и обратно.

Это позволило ESS превратиться из пассивных потребителей в активных участников энергосистемы, способных как накапливать, так и отдавать энергию.

В итоге, двунаправленный поток мощности, инициированный ESS, привел к переходу к интеллектуальной энергосистеме (Smart Grid), которая является более гибкой, отказоустойчивой и эффективной, способной интегрировать большой объем ВИЭ.

Децентрализация энергосистемы

Децентрализованная энергосистема характеризуется переходом от крупных центральных электростанций к множеству распределенных, локальных источников генерации, часто основанных на ВИЭ.

ESS способны в децентрализованных системах обеспечить надежную работу автономных объектов независимо от централизованной сети, особенно в удаленных районах, сглаживать генерацию ВИЭ, поддерживать устойчивую работу микросетей и энергетическое просьюмерство потребителей при наличии бытовых ESS.

Накопители – это «склад» электроэнергии для энергосистемы

Современный накопитель энергии это не просто склад энергии для энергосистемы, и тем более не в традиционном понимании этого слова как склада для материальных товаров.

Накопитель энергии в энергосистеме, в отличие от обычного склада, не просто хранит, но и активно участвует в энергоснабжении, выполняя роль источника энергии.

Энергия на этом «складе» не просто «лежит» – она активно циркулирует, участвует в регулировании частоты, напряжения, реактивной мощности.



Накопители – это активный элемент энергосистемы, способный генерировать мощность при необходимости

Обычно говорят, что накопители энергии не являются источником энергии в классическом смысле (в отличие от электрических станций, которые преобразуют первичное топливо/силу в электричество), а являются, по сути, инструментом хранения.

Сетевой новацией современной энергетики в отличие от традиционной является способность накопителей энергии не просто хранить, но и активно управлять выдачей энергии в сеть. Однако, их роль в современном рынке столь трансформационная, что они создают новаторские возможности, которые ранее были недоступны, и по сути, выступают как виртуальный источник энергии, доступный по требованию.

Накопители энергии снижают требования к прогнозированию

В любой энергосистеме резкие изменения спроса или генерации требовали изменения режима работы традиционных источников энергии и их мгновенной коррекции. Поэтому прогнозирование мощности является неотъемлемой частью диспетчерского управления. Прогнозирование спроса на энергию необходимо для поддержания баланса между генерацией и потреблением, что критически важно для предотвращения отклонений частоты и напряжения в сети и обеспечения стабильности электросети.

Накопители энергии снижают зависимость системы от точного прогноза. Поэтому системы накопления энергии играют ключевую роль в снижении требований к диспетчеризации и прогнозированию нагрузки

в энергосистеме страны. Они сглаживают пиковые нагрузки, позволяют компенсировать колебания между генерацией и потреблением улучшая процесс балансировки электроэнергии, обеспечивая дополнительную гибкость как в управлении энергосистемой, так и в случае аварий или сбоев в энергосистеме, позволяют диспетчерам даже без их участия оптимизировать генерацию в реальном времени.

Регулирование частоты

Частота в энергосистеме – это показатель баланса между механической мощностью (вводимой турбинами) и электрической мощностью, потребляемой нагрузкой. Поэтому мы более подробно остановимся на этом вопросе, так как он очень актуален для энергосистемы Казахстана. Частотное регулирование – одна из самых критичных системных услуг для обеспечения стабильности энергосистемы. Регулирование частоты в энергосистеме – это многоуровневый процесс в котором механическая инерция обеспечивает мгновенную устойчивость, первичное регулирование турбин стабилизирует частоту, вторичное возвращает её к номиналу, а система АРВ поддерживает напряжение и синхронность, предотвращая переходные расстройки и потери устойчивости.

Обычные источники (ТЭС, ГЭС) реагируют с инерцией и запаздыванием:

- Механическая инерция турбин → первые секунды;
- Первичное регулирование → 5–10 секунд;
- Вторичное регулирование → десятки секунд и минут.

В результате чего f системы падает до того, как вступят в действие АРВ.

Для энергосистемы чтобы не допустить сильного отклонения частоты, нужно иметь резерв мощности $\Delta P_{рез}$, который быстро реагирует на это за время реакции АРВ.

Обычно на традиционных электростанциях АРВ в зависимости от типа действуют в диапазоне от 0,1 до 10 сек. (электромеханические регуляторы 2–1 сек., они медленные, инерционные; электронные регуляторы – 0,5–2 сек., более быстрые и точные; микропроцессорные регуляторы – 0,1–0,5 сек. до десятка миллисекунд, большинство остальных – десятки-сотни миллисекунд).

Однако ВИЭ с накопителями способны выполнять эту функцию с более высокой скоростью реакции чем традиционные станции. Современные накопители (особенно литий-ионные и суперконденсаторы) способны включаться за миллисекунды, обеспечивая практически мгновенный отклик.

Если в энергосистеме имеется аккумуляторная батарея мощностью P_{BESS} , которая практически сразу выдает мощность, то изменение мощности за счет них положительно влияет на динамику. Причем P_{BESS} действует в противофазе падению частоты.

Естественно это приведет к тому, что наличие ESS, способных мгновенно выдавать энергию для корректировки частоты, уменьшит величину падения частоты от номинального значения. Поэтому наличие быстродействующих накопителей становятся идеальными средством для первичного регулирования частоты в энергосистеме, что показано на рисунке 7. ▼

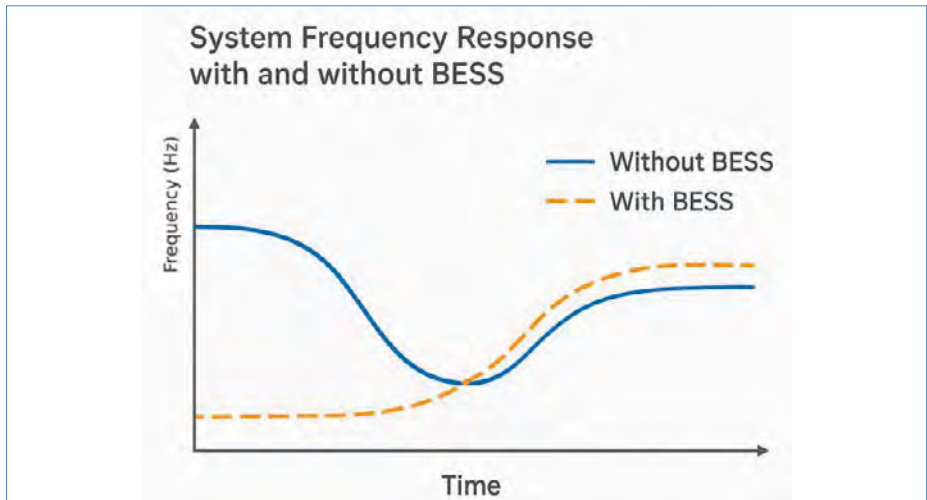




Рисунок 8.

Исследования проведенные в Южной Австралии показали, что использование традиционных электростанций позволяет только на уровне выше 49 Гц активировать функция отключения нагрузки при пониженной частоте [18].

Однако ВИЭ с накопителями способны выполнять эту функцию с более высокой скоростью реакции чем традиционные станции. На рис. 8 ▲ показана быстрая реакция ESS на аварийную ситуацию 25 августа 2018 г. вызвавшую падение частоты в сети энергетической системы Австралии АЕМО.

Аккумуляторная система Tesla, получив сигнал была способна выдать мощность до 100 МВт менее чем за 150 мс, что на 4 секунды быстрее, чем резервный генератор частотного контроля и вспомогательных услуг (FCAS), что обеспечило значительную частотную поддержку всем подключённым регионам [19].

Быстродействующие накопители обеспечивающие маневренную мощность за счет поглощения и выделения энергии становятся идеальными для регулирования частоты.

Моделирование этого события показало, что без участия ESS в рассматриваемом сценарии частота упала бы примерно до 48,7 Гц, что потребовало бы отключение нагрузки. Использование гигантской аккумуляторной системы Tesla 100 МВт/129 МВт·ч, потенциально предотвращает всякие отключения нагрузки в Южной

Австралии. Эксплуатация системы показывает, что благодаря скорости и точности реагирования она обеспечивает очень быструю и точную реакцию на сигналы системы регулирования FCAS. Это отличает реакция ESS от крупных традиционных паровых турбин, которые могут запаздывать по сигналу системы автоматического регулирования частоты вращения (AGC) на несколько минут.

После того как батарея Tesla сыграла решающую роль в стабилизации электросети в Южной Австралии аккумуляторы стали лидером в мире управляемой возобновляемой энергии. Только за два дня гигантская аккумуляторная система Tesla за счет аккумуляции дешёвой энергии и продажи её в несколько раз дороже в пиковые часы заработала миллион долларов за два дня, принесла компании максимальную прибыль [19].

Накопители энергии обеспечивая гибкость и масштабируемость позволяют повысить интеграцию ВИЭ в электрическую сеть, а мгновенная скорость отклика обеспечивает эффективность регулирования частоты сети.

Системы виртуального накопления энергии

Системы виртуального накопления энергии (VESS) – это инновационный подход к управлению энергией, который имитирует работу физической системы накопления энергии, но без необходимости установки физического аккумулятора.

VESS возникли как ответ на вызовы децентрализации и интеграции ВИЭ. Они позволяют объединять за считанные секунды небольшие распределенные энергетических ресурсов, такие как солнечные панели, домашние аккумуляторы, зарядные устройства для электромобилей и системы управления нагрузкой которые представляют единую управляемую систему. VESS способна быстро сбалансировать спрос и предложение энергии в больших масштабах в реальном времени, предотвращая потенциальные перебои с электропитанием, регулировать частоту, обеспечить гибкость, надёжность, экономическую эффективность для всей энергосистемы и снизить расходы на электроэнергию для конечного потребителя.

Платформа VESS объединяющую огромное количество ресурсов VPP позволяет за считанные секунды выдать мощности мегаваттного масштаба.

VESS содержащая в своем накопителе энергии увеличивает эффективность инерции системы:

$$H_{eq} = H_{sys} + \Sigma H_{BESS}$$

VESS напрямую влияет на динамику переходных процессов (увеличивая скорость изменения частоты RoCoF (Rate of Change of Frequency) –

$$RoCoF = \Delta P / (2(H_{sys} + \Sigma H_{BESS})),$$

сокращая время восстановления частоты и амплитуду колебаний за счет демпфирования возмущений) улучшая переходный процесс, делая его короче и мягче. В результате чего VESS положительно влияют на устойчивость частоты в энергосистеме определяемой как:

$$J \cdot (d\omega/dt) = P_m - P$$

где:

J – эквивалентная инерция системы,

ω – угловая скорость (пропорциональна частоте),

P_m , P – механическая и электрическая мощности.

VESS позволили при допустимом уровне снижения частоты $\Delta f_{доп}$, использовать меньшую мощность традиционного резерва:

$$\Delta P_{рез}^{новое} = \Delta P_{рез}^{старое} - \Sigma P_{BESS}^{быстр}$$

А когда в составе VESS увеличивается суммарная мощность накопителей ($\Sigma \Delta P_{резBESS}$ или гибридных систем), то система получает дополнительный резерв управляемой мощности.

Кроме того следует отметить, что увеличение суммарной мощности накопителей энергии в составе виртуальной электростанции приводит к сокращению времени нормализации частоты в энергосистеме. Таким образом видно, что VESS оказывает значительное влияние на технические показатели работы энергосистемы. Это напрямую влияет на показатели надёжности. За счет VESS в энергосистеме увеличивается – дополнительный запас мощности системы и энергии относительно ожидаемого спроса, необходимый для поддержания электроснабжения. А следовательно возрастает и системная инерция определяющая способность энергосистемы сохранять стабильные процессы при внезапных изменениях баланса мощности, что способствует и увеличению RoCoF – скорости изменения частоты.

Повышение качества электрической энергии

Поддержка напряжения основной частоты. Для поддержания уровня напряжения в сети требуется управление реактивной мощностью. Современные инверторы, используемые с ВИЭ, могут управлять не только активной, но и реактивной мощностью. Инверторы ВИЭ вместе с накопителями могут выполнять функции управления напряжением на уровне распределительных сетей, обеспечивая гибкость в распределении активной и реактивной мощности в зависимости от условий работы сети.

В промышленных накопителях (BESS) запасенная энергии зависит от номинального напряжения батареи U (В) ёмкости батареи Q (А·ч) как:

$$E_{kWh} = (U \cdot Q) / 1000.$$

Если в электрической сети нагрузка внезапно возрастает, то возрастает ток и падает напряжение на величину $\Delta U \approx (Q \cdot X_L) / U$. BESS в момент падения напряжения отдаёт реактивную мощность $Q_{BESS} > 0$. Инвертор сравнивает измеренное напряжение в сети с эталонным и отдаёт энергию из накопителя в сеть. В результате чего напряжение на шине повышается.

Кроме реактивной мощности накопители BESS могут временно отдать активную мощность, если частота падает. Тогда накопитель BESS отдаёт энергию $P(t) = dE/dt$. Эта энергия преобразуется через ШИМ-инвертор

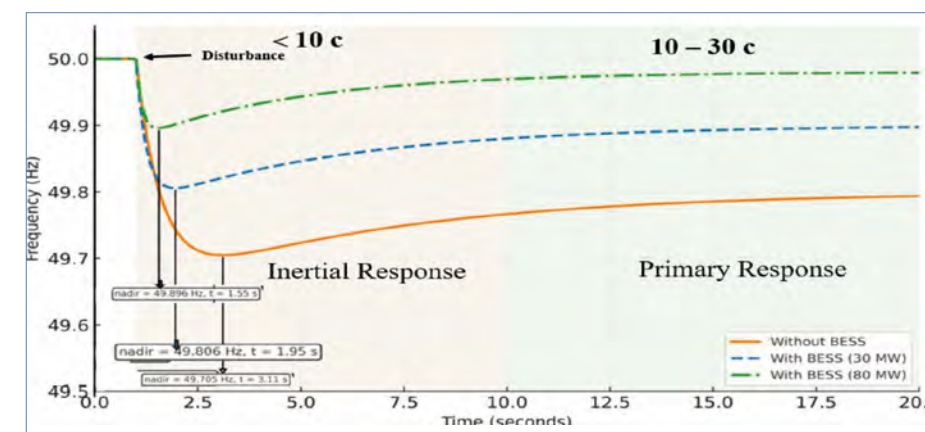


Рисунок 9.

в синусоидальный ток, синфазный с напряжением – подпитывая сеть.

Поддержка других показателей качества электроэнергии. Современные накопители энергии (батареи, суперконденсаторы) подключаются к каждой фазе через преобразователь (инвертор), что позволяет снижать фазовую несинусоидальность напряжения в электрических сетях. Эти инверторы могут работать в четырёх квадрантах, а значит – не только отдавать/поглощать мощность, но и управлять формой тока и напряжения. Инвертор накопителя измеряет гармонический состав сетевого тока и формирует ток компенсации:

$$i_{comp}(t) = - \sum_{n=2}^N I_n \sin(n\omega t + \varphi_n)$$

А так как этот ток направлен в противофазе к току высших гармоник сети, то суммарный ток в сети становится ближе к синусоидальному, что компенсируют высшие гармоники, стабилизируют форму напряжения и повышают качество электроэнергии.

Накопители энергии сами по себе напрямую не устраняют гармоники. Однако они являются ключевым компонентом в составе активных фильтров и систем управления качеством электроэнергии. Активные фильтры – это силовые электронные устройства, которые подключаются параллельно или последовательно к сети и генерируют ток (или напряжение), полностью компенсирующий гармонические составляющие, создаваемые нелинейной нагрузкой. Активные фильтры напряжения и тока используют накопители энергии (индуктивность или емкость) для компенсации гармоник. Накопитель энергии (как

правило, конденсатор в схеме источника напряжения или индуктивность в схеме источника тока) служит для накопления и стабилизации энергии для работы автономного инвертора, который и формирует компенсационный сигнал.

Так как BESS и суперконденсаторы могут быстро отдавать или поглощать энергию, то это позволяет сглаживать гармоники, компенсируя искажения формы напряжения, снижая коэффициент гармонических искажений (THD) что и позволяет им обеспечить высокую эффективность по сравнению с традиционными активными фильтрами. Кроме того активные фильтры способны компенсировать несколько гармоник одновременно и адаптироваться к изменяющимся параметрам нагрузки, что является их ключевым преимуществом перед пассивными фильтрами.

В распределительных сетях 0,4–10 кВ часто возникает небаланс по фазам. Система BESS-инвертор может перераспределять мощность между фазами, поддерживая:

$$U_A \approx U_B \approx U_C.$$

В этом случае современные накопители энергии с инверторами работают так же как и статические источники реактивной мощности, поддерживая баланс фаз и уменьшая перекосы напряжений по фазам, что позволяет снизить и несимметрию напряжения в сети.

Причем современные BESS ESS благодаря своим преобразователям, являясь multifunctionalными, обладают большей гибкостью, так часто выполняют несколько функций одновременно. Они могут выполнять комплексную компенсацию (фильтрацию) снижение сразу нескольких

гармоник, включая компенсацию реактивной мощности и несимметрии (в случае фильтрокомпенсирующих устройств и фильтросимметрирующих устройств и поддержка напряжения при провалах (за счет быстрой отдачи активной энергии). Следует добавить и то, что в отличие от пассивных фильтров, активные фильтры с ESS не создают риск возникновения резонансов с сопротивлением сети.

Эффект от внедрения многофункциональных батарейных систем хранения энергии (BESS) в промышленных сетях выражается в комплексном повышении качества электроэнергии и, как следствие, в снижении операционных рисков и затрат.

Таким образом, накопители энергии – это не только средство хранения, но и активный элемент управления современных и высокоэффективных систем повышения качества электроэнергии, позволяющий значительно более эффективно выполнять эти функции по сравнению с ранее существовавшими устройствами.

Развитие и массовое внедрение СНЭ представляют новый этап в эволюции энергетики. Эти технологии перестали быть лишь дополнением к ВИЭ – они становятся ключевым элементом современной энергосистемы в обеспечении её гибкости, устойчивости и надёжности децентрализованной энергосистемы будущего.

Энергетическая революция уже началась. И в её центре – технологии хранения энергии, открывающие путь к «умной», низкоуглеродной и потребителски-ориентированной энергетике XXI века.

Переход к широкому использованию накопителей энергии представляет собой не просто технологическую эволюцию, а системную революцию в энергетике, способную коренным образом изменить принципы функционирования энергосистем, их структуру и роль конечных потребителей.

В ближайшие десятилетия СНЭ будут играть определяющую роль в достижении глобальных климатических целей, повышении энергетической безопасности и создании более справедливых и устойчивых энергетических рынков.

В этой обстановке нам представляется целесообразным чтобы СНЭ выступающие сегодня в роли пилот-

ных проектов перешли к стадии одного из ключевых элементов в энергетике Казахстана.

Развитие нормативно-правовой базы, введение понятия «накопитель энергии» в Закон «Об электроэнергетике», разработка правил подключения СНЭ к сетям, участия их рынках, введение механизмов оплаты услуг хранения и балансировки, и создание экономических стимулов позволят продвинуть интеграцию накопителей энергии в энергосистему страны.

Таким образом можно считать, что в энергетике наступила эра накопителей энергии или революция в энергетике. А будущее энергетики мира будет опираться на а двух китов – накопителей энергии и ВИЭ.

ГАЭС

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) в 21 веке переживают период расцвета. Они повышают надёжность энергосистем за счет использования уникальных свойств гидроэлектростанций (ГЭС) для регулирования пиков и спа-потреблений. Они работают, перекачивая воду в верхний резервуар в холодное время суток, а затем забирая воду из него выработывая электроэнергию во время пиковой нагрузки. Этот принцип позволяет снизить необходимость быстрого изменения мощности базовых электростанций, таких как АЭС и ТЭС, и повысить эффективность энергосистем [20].

Технология PHS, известная как старейшая технология крупномасштабного хранения энергии, может использоваться для балансировки сети, дополнения другой инфраструктуры возобновляемой энергии и содействия эффективному перераспределению поставок.

Технология PHS способна активно поглощать излишки электроэнергии из сети, что делает ее более экономичным и гибким вариантом по сравнению с известными технологиями, которые преобразуют ВИЭ в другие формы энергии или химические продукты, например водород, синтетическое топливо, химикаты или тепло.

Классическая гидроаккумулирующая станция включает:

- два водохранилища (верхнее и нижнее),
- турбины/насосы (обычно реверсивные Francis),

- большие уклоны и перепады высот 300–800 м,

- мощность 300–1800 МВт и накопление 4–12 часов.

Ограничения традиционных ГАЭС:

- необходимость высоких уклонов и крупных водохранилищ,
- зависимость от рельефа и экологии,
- длительные сроки строительства (7–10 лет),
- высокие капитальные затраты.

Для информации отметим, что Россия в 2025 году разработала два проекта строительства ГАЭС совокупной мощностью порядка 1 ГВт на озерах Айдаркуль и Каратерен в Узбекистане [21]. И по сообщению пресс-службы «Узбекгидроэнерго», уже не только подписано соглашение о совместной реализации проекта с китайской компанией «China Southern Power Grid International Co Ltd» (CSGI), но 10 марта 2025 г. заложен первый камень [22].

Процесс широкой интеграции ВИЭ в энергосистемы мира привел к возрождению ГАЭС и разработке новых проектов по всему миру с их участием. Так только в США в настоящее время 67 новых предложенных проектов ГАЭС находятся на различных стадиях планирования в 21 штате, что представляет собой более 50 ГВт новой емкости для хранения. В Австралии запущена ГАЭС мощностью 360 МВт в Форарльберге [23].

Электростанция Nant de Drance, одна из самых мощных ГАЭС в Европе введённая в эксплуатацию в 2022 году, перекачивает и пропускает воду через турбины между двумя водохранилищами обеспечивая устойчивое будущее для швейцарской и европейской энергетической системы [24].

Самая мощная ГАЭС в мире ГЭС установленной мощности 3,6 ГВт была введена в эксплуатацию в Китае в 2022 г. [25].

Учитывая, что Казахстан собирается развивать АЭС, покажем как ГАЭС (далее в тексте PHS – Pumped Hydro Storage) позволяли выполнять баланс спроса и предложения электроэнергии на острове Кюсю в Японии 3 мая 2018 г.

На южном японском острове Кюсю расположены 2 японские АЭС, которыми управляет электроэнергетическая компания Кюсю: Сендай мощно-

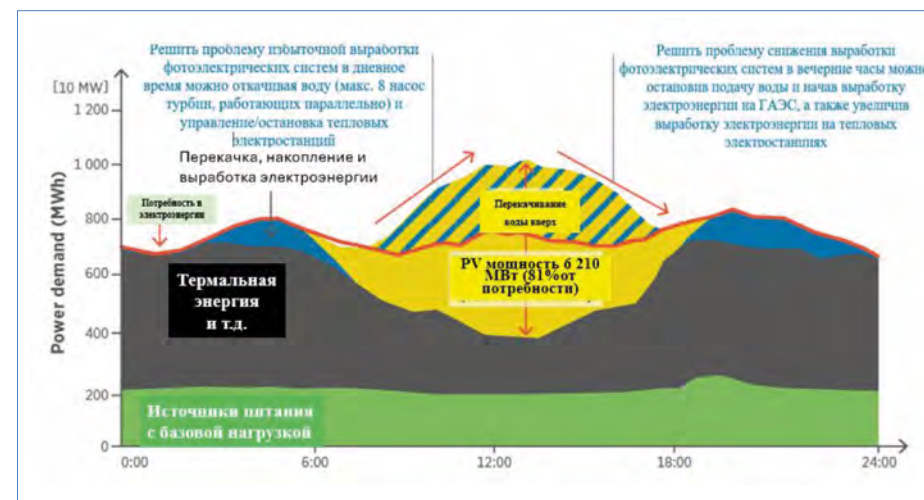


Рисунок 10.

стью 1680 МВт и Генкай мощностью 3478 МВт. Здесь же на острове имеется одна из самых мощных фотоэлектрических станций Японии с установленной мощностью 8,07 ГВт.

Пиковая нагрузка СЭС в указанный день достигла 6,21 ГВт (81 % пиковой нагрузки в этот день).

PHS помогла избежать полной остановки тепловых электростанций. Избыток вырабатываемой солнечной энергии использовался для перекачки воды в верхние резервуары на электростанциях. А производство тепловой энергии было сокращено для удовлетворения большого количества солнечной энергии.

На самом южном острове Японии, Кюсю, расположены три электростанции PHS, которыми управляет электроэнергетическая компания Кюсю. Имея установленную солнечную мощность 8,07 ГВт, Кюсю имеет одну из самых высоких долей ВИЭ в Японии. 3 мая 2018 года около 13:00 мощность фотоэлектрических станций достигла 6,21 ГВт (81 % пиковой нагрузки в этот день). Избыток вырабатываемой солнечной энергии использовался для перекачки воды в верхние резервуары на электростанциях PHS острова, а производство тепловой энергии было сокращено для удовлетворения большого количества солнечной энергии. PHS помогла избежать полной остановки тепловых электростанций за счет поглощения излишков солнечной энергии. Это помогло сохранить их эффективность и время реагирования, поскольку запуск тепловых электростанций может занять от 2 до 8 часов.

Кроме того, вырабатываемая PHS энергия использовалась в периоды снижения выработки фотоэлектрической энергии для удовлетворения пикового спроса.

Однако заметим, что эпоха равнинных гигантских ГЭС и мощных ГАЭС постепенно изживает себя. На смену им приходят гидроэлектростанции нового типа, которые меньше вредят природе и работают в паре с другими ВИЭ (СЭС и ветропарками).

Кроме того современные инновации в технологиях pumped hydro storage (PHS) делают гидроаккумулирующие станции более гибкими, экологичными.

В отличие от традиционных ГАЭС, новые проекты используют закрытые контуры, переменноротостные турбины и цифровые системы управления, что позволяет быстрее реагировать на колебания ВИЭ и снижать воздействие на окружающую среду.

Насосы-турбины с регулируемой частотой вращения или как их иногда называют (переменноротостные турбины) позволяют более точно регулировать мощность при выработке и потреблении электроэнергии, обеспечивая большую гибкость реагируя на потребности сети и плавное изменение нагрузки, а так же и балансирование солнечной и ветровой генерации. Технология регулируемой частоты вращения особенно важна для балансировки прерывистых ВИЭ за счет изменения производительности PHS [26].

Цифровые системы управления используют искусственный интеллект и машинное обучение для опти-

мизации работы PHS, позволяя прогнозировать изменения в сети при быстро меняющейся нагрузке или прерывистых ВИЭ.

Быстрое нарастание и ввод в эксплуатацию позволяют обеспечить еще более быстрый запуск, быстрое переключение из режима перекачки в режим генерации, делает эти новые конфигурации PHS еще более гибкими при участии в регулировании режима сети.

Эти новые технологии PHS позволяют расширить диапазон услуг а также обеспечить регулирование частоты в режимах генерации и насоса.

Закрытые и вне-речные системы в отличие от традиционных ГАЭС, которые используют естественные водоемы, новые проекты строятся на искусственных резервуарах, что снижает экологическое воздействие и упрощает лицензирование.

Новые конструкции позволяют быстрее переключаться между режимами «насос» и «турбина», а также использовать «гидравлический короткий замыкатель» для мгновенного отклика.

Известно несколько видов низконапорных ГАЭС, которые с успехом можно применить в Казахстане.

Низконапорные ГАЭС. Они работают даже при 30–80 м напора. Это главное направление последних лет. Основная новация их в том, что теперь ГАЭС можно строить там, где нет гор.

Они используют насос-турбину типа StrafloMatrix (десятки малых турбин вместо одной большой). Работают при очень малых напорах: 30–80 м (традиционно – 300–600 м), что позволяет использовать старые каналы, озёра, затопленные карьеры.

Это не только дает возможность размещать ГАЭС в равнинных регионах (степях, пустынях, на побережьях), но и удешевляет строительство в 2–3 раза и во много раз сокращает сроки сооружения.

► Примеры:

- Kanoya Osaki PHS, Япония – 30–40 м напор, использует малые насос-турбины.

- Seawater PHS Okinawa (Япония) – первая в мире морская ГАЭС, низкий напор (136 м).

	Физические возможности	Экономическая эффективность	Экологические особенности
Традиционные ГАЭС	Обычно большие сооружения, имеющие длительное время запуска и ограниченную гибкость	Высокие капитальные затраты, долгий срок окупаемости	Воздействуют на реки и экосистемы
Новые технологии PHS	Обеспечивают быстрый старт, высокую маневренность, возможность работы в частичных режимах. Имеют возможность в 10–20 раз больше мест для подходящего рельефа, позволяют работать при 30–40 м, позволяют использовать шахты, снимают ограничения рек	<ul style="list-style-type: none">• Меньшие экологические издержки, сокращение сроков согласования, снижение эксплуатационных расходов• Уменьшение потерь и расхода воды:<ul style="list-style-type: none">- замкнутые циклы дают сокращение испарения на 90 %,- подземные резервуары – минимальные утечки• Современные инверторы позволяют:<ul style="list-style-type: none">- обеспечить изменения скорости до 50–150 MW/сек,- полную активацию в 10–20 секунд. Повысить эффективность (до 80–82) против 72–78%	Закрытые системы, минимизируют влияние на природные водоемы

Таблица 5. Отличия новых технологий PHS от традиционных ГАЭС.

Подземные ГАЭС. Используют шахты горных выработок и подземные резервуары. У них нижний или верхний резервуар – подземный, созданный в шахтах / соляных кавернах. Они на 80–90 % снижают потребность в новом водохранилище. У них очень низкие утечки. Высокая механическая прочность грунта. Возможность больших напоров (до 600–900 м).

Примеры:
• Mount Hope PHS (США) – использует старые рудные шахты.
• Queensland UG-PHS (Австралия) – проект подземной ГАЭС в соляных кавернах.

PHS с замкнутым контуром. Они независимы от рек. Эти ГАЭС, полностью отдаленны от природных водотоков. Они не влияют на рыбные запасы и миграцию рыб. Для них легче получить экологическое разрешение, за счет возможности размещения в любом удобном месте.

Федеральная комиссия по регулированию энергетики (FERC) США для ускорения процессы лицензирования проектов PSH с замкнутым циклом ввела ускоренные процессы лицензирования для того, чтобы сократить время получения разрешений для реализации этих проектов с нескольких лет до месяцев.

Примеры:
• Goldendale PHS (США) – 1.2 GW, два искусственных водохранилища.
• Gordon Butte PHS (США) – 400 MW, полностью искусственный комплекс.

Модульные ГАЭС. Обеспечивают возможность быстрого строительства. Для этого они используют предварительно изготовленные промышленностью компоненты: модульные

насос-турбины, бетонные резервуары вместо земляных плотин и заводскую сборку каналов. Это позволяет снизить капитальные затраты и инвестиции компании в приобретение (CAPEX) на 20–30 %, обеспечить экономические преимущества, снизить время строительства с 7–10 лет до 3–4 лет, уменьшить экологический след.

Примеры:
• RPU GridScale (Дания) — модульные резервуары диаметром 20–40 м.
• Voith StreamDiver PHS concepts — многокамерные модули низконапорных турбин.

Гибридные PHS+BESS+СЭС/ВЭС. Обеспечивают возможность получения преимуществ совместного управления за счет быстрой реакции аккумуляторных накопителей (BESS), большая ёмкость PHS. Здесь утренний/вечерний пик покрывают ГАЭС, а мгновенное регулирование обеспечивают батареи.

Примеры:
• Snowy 2.0 (Австралия) – интеграция солнечной генерации и накопителей.
• Qinghai Solar-PHS (Китай) – 1,2 GW ГАЭС + 2 GW солнечных.

Модульные и малые PHS. Используются разработанные и изготовленные компактные установки для региональных сетей, что снижает капитальные затраты и открывает новые рынки.

Отличия новых технологий PHS от традиционных ГАЭС представлены в таблице 5.

Заключение
На тему о ВИЭ и накопителях энергии и перспективах развития мировой энергетики при высокой доле ВИЭ в энергосистемах разных странах мира имеется много статей. Однако несмотря на это, до сих пор некоторые

профессионалы энергетики сомневаются в энергетических новациях связанных с ВИЭ. Причем именно профессионалы энергетики, получившие прекрасное образование в 20 веке и проработавшие в энергетике не один десяток лет, знающие основополагающие принципы традиционной энергетики, не могут смириться с необходимостью изменения этих принципов. Это и понятно, потому, что с началом интеграции использования переменные ВИЭ не только нарушали незыблемые основы традиционной электроэнергетики, существующие более ста с лишним лет, но и стали свидетелями многочисленных дополнительных проблем и сложностей, возникших в энергосистемах мира. Это создает неверное представление о роли ВИЭ в энергетике мира и мешает развитию современной энергетики.

В этой статье мы специально дали информацию о революционных технологиях в энергетике 21 века, чтобы читатель понял те огромные возможности которые ВИЭ и накопители энергии могут дать энергетике Казахстана.

Однако, получить их можно не наскоком, а если вдумчиво относиться к проблеме. Было показано, как прекрасная идея, начавшая свою историю в 2009 г. с Закона РК «О поддержке ВИЭ» затормозилась, так как с одной стороны не была подготовлена нормативная база, имели место технические просчеты, не рассчитана экономическая эффективность.

На все это у нас есть ответы, но они требуют немалого объема. Поэтому мы не можем их здесь изложить. И если будет интерес со стороны читателей, то продолжение следует.

Список использованных источников и литературы:

[1]. Renewable power generation costs in 2024 Media Briefing 21 July 2025. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jul/Costs-2025_Media-Briefing-Presentation.pdf

[2]. Renewable power generation costs in 2024, <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>

[3]. Renewable power generation costs in 2024, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jul/IRENA_TEC_RPGC_in_2024_2025.pdf

[4]. Project Inertia – Phase II Recovering power system resilience in case of system splits for a future-ready decarbonised system, ENTSO-E, https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/2025/250123_Project_Inertia_II_Position_paper_Recovering_power_system_resilience_in_case_of_system_splits_for_a_future-ready_decarbonised_system.pdf

[5]. Интеграция с возобновляемыми источниками энергии, IEA, https://www.iea.org/energy-system/electricity/renewable-integration?utm_source=chatgpt.com

[6]. Integrating Solar and Wind Global experience and emerging challenges, IEA, 2024, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4e495603-7d8b-4f8b-8b60-896a5936a31d/IntegratingSolarandWind.pdf>

[7]. Ключевые факторы электроэнергетической отрасли Казахстана, 2025, <https://www.kegoc.kz/en/electric-power/elektroenergetika-kazakhstan/>

[8]. Анализ отдельных режимов работы ВИЭ при дисбалансе УЭС Казахстана, журнал QAZAQGREEN, 2021.

[9]. Герман Трофимов, журнал Энергетика, Вестник Союза инженеров-энергетиков Республики Казахстан, Алматы, № (2) 73, 2020.

[10]. Герман Трофимов, журнал Энергетика, Вестник Союза инженеров-энергетиков Республики Казахстан, Алматы, № (3) 78, 2021, Направления развития электроэнергетики Казахстана.

[11]. Жомарт Моминбаев, Прогнозирование выработки электроэнергетических объектов ВИЭ: проблемы и пути их решения, 2021, https://qazaqgreen.com/en/journal-qazaqgreen/expert-opinion/260/?utm_source=chatgpt.com

[12]. Об утверждении Концепции развития электроэнергетики Республики Казахстан на 2023 - 2029 годы, 2023, https://cis-legislation.com/document.fwx?rgn=149571&utm_source=chatgpt.com

[13]. Национальная энергетическая система, <https://www.kegoc.kz/en/electric-power/natsionalnaya-energosistema/#:~:text=Annual%20Peak%20Load,to%20Central%20Asia:%202095%20MW>

[14]. Ассель Сатубальдина, Возобновляемые источники энергии выявляют слабые стороны энергетического сектора Казахстана и меняют мышление, 2025, https://astanatimes.com/2025/02/renewables-expose-weaknesses-in-kazakhstans-power-sector-transforms-mindsets/?utm_source=chatgpt.com

[15]. Аукционы по проектам возобновляемых источников энергии в Казахстане, ИТОГИ 2018–2023 гг., Астана, Казахстан, Январь 2024 г, https://powercentralasia.org/wp-content/uploads/2024/02/KZ-RE-Auctions-Report-2018-2023_RUS-26-Jan-2024.pdf

[16]. Промышленность возобновляемой устойчивости предложена Казахстаном к приостановке, 31 Марта 2025 г., Kazakhstan's renewable energy industry proposed to be suspended, March 31, 2025? RES, Kazakhstan, https://centralasiacclimateportal.org/kazakhstans-renewable-energy-industry-proposed-to-be-suspended/?utm_source=chatgpt.com

[17]. Первая система накопления энергии появится в Казахстане, 29 мая 2025, https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/pervaya-sistema-nakopleniya-energii-poyavitsya-v-kazahstane-571474/.nih.gov/articles/PMC4678120/?utm_source=chatgpt.com

[18]. Hornsdale Power Reserve Year 1 Technical and Market Impact Case Study, <https://hornsdalespowerreserve.com.au/wp-content/uploads/2022/12/Aurecon-Hornsdales-Power-Reserve-Impact-Study-year-1.pdf>

[19]. Гигантская аккумуляторная система Tesla заработала миллион долларов за два дня, 2018, <https://habr.com/ru/articles/409761/>

[20]. Papadakis C. Nikolaos, Fafalakis Marios and Katsaprakakis Dimitris, A Review of Pumped Hydro Storage Systems, 2023, Обзор систем гидроаккумулирования энергии, <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/11/4516>

[21]. Россия в 2025 году разработает проекты строительства двух ГАЭС в Узбекистане, 2025, <https://www.spot.uz/ru/2024/06/03/hydropower>

[22]. Iskander Beglov, Узбекистан-Китай: гидроаккумулирующая электростанция, 2025, <http://www.eecsa-water.net/content/view/38762/1/lang,ru/>

[23]. Гидроаккумулирующая электростанция Obervermuntwerk II, Форарльберг, Obervermuntwerk II Pumped Storage Power Plant, Vorarlberg, <https://www.power-technology.com/projects/obervermuntwerk-ii-pumped-storage-power-plant-vorarlberg>

[24]. Nant de Drance, one of Europe's most powerful pumped storage power plants, <https://www.nant-de-drance.ch/en/>

[25]. Новый рекордсмен: самая мощная ГАЭС в мире введена в эксплуатацию, 2022, <https://dzen.ru/a/YhRWxFU2WjcKJRS3?ysclid=mhz15zqbtt200742331>

[26]. The Latest Developments, <https://www.nha2024pshreport.com/nha-psh-2024/current-trends>

Итоги POWEREXPO ALMATY 2025: более 3800 посетителей, рост на 25 % и новые ориентиры развития энергетики Казахстана



С 21 по 23 октября 2025 года в Алматы прошли 23-я Казахстанская международная выставка «Энергетика, электротехника и энергетическое машиностроение» POWEREXPO ALMATY 2025 и 9-я Казахстанская международная выставка «Атомная энергетика и промышленность» KAZATOMEXPO 2025, объединившие на одной площадке ведущих игроков энергетического комплекса и специалистов атомной энергетики.

Это знаковое событие стало эффективной платформой для презентации новейших технологий в энергетике.

За три выставочных дня уникальными посетителями стали 3 813 профессионала отрасли, которые смогли ознакомиться с инновационными решениями и заключить важные деловые контракты. Посетители отметили значимость события как источника новейшей информации и возможности для укрепления партнерств.

«С каждым разом всё интереснее: новые технологии, новые разработки – каждый раз мы узнаём всё больше новых поставщиков. Очень радуется, что много компаний с хорошими предложениями и идеями. Мы ищем партнёров и поставщиков для дальнейшей работы. Уже со многими компаниями сотрудничаем, и были рады сегодня всех увидеть, побеседовать, узнать, что нового, какие у них планы по развитию в Казахстане» – поделилась своим впечатлением Наталья Жданова, Директор, ТОО «Life Energy Flood».

В этом году выставка Powerexpo Almaty привлекла 234 компании из 17 стран, среди которых Австрия, Алжир, Беларусь, Бельгия, Великобритания, Германия, Индия, Иран,

Италия, Казахстан, Китай, Польша, Россия, Словакия, Турция, Узбекистан, Чешская Республика. При поддержке отраслевых ведомств были сформированы коллективные экспозиции Республики Мордовия, Пермского края, Омской области, Коллективный Стенд Моспром. Также в составе экспонентов были представлены Калужская область, Челябинская область и Свердловская область. 69 казахстанских и 165 зарубежных компаний представили инновационные решения для энергетического комплекса: от электротехнического оборудования и систем энерго-, тепло- и газоснабжения до решений для жилищно-коммунального хозяйства. Были представлены энергоэффективные технологии, автоматизированные системы управления, программное обеспечение, а также новейшие разработки в области возобновляемой энергетики, светотехнической и кабельно-проводниковой продукции.

В этом году выставка продемонстрировала уверенный рост – по сравнению с прошлым годом её масштаб увеличился на 25 %. Отдельное внимание заслуживает участие 26 отечественных производителей, представивших свои новейшие разработки и

решения. Участники выставки также рассказали о ее эффективности как уникальной площадки для успешных переговоров и заключения контрактов: «Сегодня мы уже десятый раз присутствуем на выставке. Данная площадка является очень ключевым для нас средством получения заказов, контрактов, работы и знакомства с нашими будущими партнерами. На сегодняшний день уже заключены некие контракты, частичные договоренности получены» – поделилась своим впечатлением Наталья Макридина, Директор по развитию бизнеса, Силумин - Восток.

Выставки сопровождались насыщенной деловой программой, которая стала ключевой платформой для обмена опытом и обсуждения инновационных подходов к развитию отрасли. Пленарная сессия «Модернизация электроэнергетики Казахстана: устранение дефицита, снижение износа и рост инвестиционной привлекательности» открыла деловую программу, привлекая внимание к вопросам модернизации электроэнергетики страны. В сессии приняли участие Сунгат Есимханов – Вице-министр энергетики Республики Казахстан, Гульнара Бижанова – Член Правления – За-

меститель Председателя Правления Национальной палаты предпринимателей «Атамекен», Дамир Нарынбаев – Исполнительный директор Ассоциации KAZENERGY, Нуржан Жакупбеков – Исполнительный директор по строительству и ремонту АО «Алатау Жарык Компаниясы», Алмаз Саухимов – Управляющий директор по развитию НЭС АО «KEGOC», Сәкен Жүніс – Руководитель Управления электроэнергетики и угля Департамента топливно-энергетического комплекса Агентства по защите и развитию конкуренции Республики Казахстан. Эксперты обсудили системный износ и повышение надёжности, дефицит мощностей и развитие сбалансированной генерации, а также вопросы инвестиций, тарифного регулирования и цифровой трансформации отрасли.

Далее в деловой программе прошли стратегические панельные сессии на темы: «Тарифообразование в энергетике Казахстана: реформа назрела» и «Глобальная энергосеть будущего: от научной фантастики к региональной интеграции». Эксперты обсудили реформу тарифообразования в энергетике Казахстана, необходимость инвестиций и модернизации, а также перспективы создания глобальной энергосети и роль страны в развитии региональной интеграции.

22 октября в рамках второго дня выставки прошли стратегические панельные сессии, посвящённые развитию атомной энергетики и будущему энергосистем Казахстана. На сессиях «Будущее атомной энергетики в Казахстане: баланс технологий,

прозрачности и ответственности» и «Энергосистемы будущего: как обеспечить устойчивость» эксперты обсудили вопросы прозрачности и ответственности в атомной отрасли, а также пути обеспечения устойчивости энергосистемы, модернизации инфраструктуры и интеграции возобновляемых источников. Итогом второго дня стала финальная сессия Expert Talks: ЭнергодIALOG – точка синтеза, где участники Форума энергетиков 2025 подвели итоги насыщенной программы. В ходе обсуждения были обозначены ключевые вызовы и направления развития энергетики Казахстана, а также сформулированы предложения для дальнейшего взаимодействия отрасли и государства.

23 октября деловая программа завершилась Форумом «КазЭнерго-ОТП-2025», организатором которого выступает КАЗЭПИ при поддержке НПП РК «Атамекен». Программа форума включала три ключевых события: пленарную сессию «Локализация и спрос: как обеспечить устойчивый рынок сбыта для ОТП?», панельную сессию «Новая роль ОТП в экономике страны» и стратегическую панель «Национальная промышленная база энергетики: что нужно изменить уже сейчас?». Участники обсудили развитие отечественного машиностроения, укрепление промышленного потенциала и формирование устойчивой энергетической инфраструктуры Казахстана.

Выставки Powerexpo Almaty и KazAtomExpo стали центром нетворкинга локальных и зарубежных

специалистов в области энергетики, предоставив участникам и посетителям ценную возможность на одной площадке обменяться опытом, найти новых партнеров, узнать о новейших тенденциях и внедрить инновации в практику. Участники выставки отмечают важность подобных мероприятий для развития имиджа компании: «В Powerexpo Almaty мы участвуем уже пятый год. Это классная имиджевая площадка, также тут мы встречаемся с нашими коллегами и партнерами. В этом году выставка удивила своим масштабом и тем, что появилось больше целевой аудитории, потенциальных клиентов» – рассказала Дилара Сыздыкова, Директор по развитию бизнеса, Astana Electrotechnical Plant.

Организатором выставок выступает Казахстанская выставочная компания ИТЕСА и её международный партнёр – Группа компаний ICA Events.

Официальную поддержку выставкам оказали Министерство энергетики Республики Казахстан, Акимат города Алматы, НПП РК «Атамекен», АО «Самрук-Энерго», АО «KEGOC», АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения», Союз инженеров-энергетиков Республики Казахстан, Казахстанская Электроэнергетическая Ассоциация (КЭА), Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов, Ассоциация ВИЭ Qazaq Green, Казахстанская Ассоциация Энергоснабжающих Организаций, Казахстанская Ассоциация энерго-ремонтных, проектных, инженеринговых компаний и производителей энергетического оборудования.



Представители основных интеграционных объединений Евразии в Минске на XXIX БЭЭФ впервые совместно обсудили энергетическое сотрудничество



7 октября 2025 года в рамках XXIX Белорусского энергетического и экологического форума по инициативе Исполнительного комитета Электроэнергетического Совета СНГ при поддержке Министерства энергетики Республики Беларусь и Евразийской экономической комиссии впервые состоялся диалог высокого уровня представителей основных интеграционных объединений Евразии, посвященный обсуждению глобальных тенденций изменения топливно-энергетического комплекса и роли интеграционных объединений в формировании новой энергетической повестки.

В дискуссии приняли участие Министр энергетики Республики Беларусь Денис Мороз, Директор Департамента энергетики ЕЭК Ольга Прудникова, Заместитель Государственного секретаря - член Постоянного Комитета Союзного государства Республики Беларусь и Российской Федерации Александр Ярошенко, Вице-президент, директор проекта по сооружению Белорусской АЭС АО «АСЭ» Наталья Бакушкина. Заместитель Генерального секретаря ШОС Ахмад Саидмуродзода направил видео со своей позицией по вопросам дискуссии. Приветственное слово к участникам мероприятия направил Заместитель Генерального секретаря СНГ Ильхом Нематов. Модератором диалога выступил Председатель Исполнительного комитета Электроэнергетического Совета СНГ Тарас Купчиков.

Министр энергетики Белоруссии Денис Мороз в своем выступлении в качестве целей функционирования энергетики определил обеспечение деятельности экономики и обеспечение комфорта жизни людей, а также отметил следующие глобальные вызовы: волатильность стоимости энергетических ресурсов; желание человечества снизить влияние на экологию – снижение выбросов парниковых газов; а также цифровую трансформацию, которая

не только трансформирует отраслевые бизнес процессы, но и является крупным потребителем электроэнергии.

Ответом Республики Беларусь на эти вызовы стало строительство атомной электростанции, которая покрывает 40% потребности страны в электроэнергии и позитивно влияет на экологическую обстановку.

В связи со строительством АЭС в Беларуси проводится комплекс мер, по аналогии с ГОЭЛРО. По прошествии

100 лет, как отметил Министр энергетики Республики Беларусь, нужно задуматься о новых масштабных проектах: переход на электрическую энергию как на наиболее удобный источник энергии имеет фундаментальное значение. За 5 лет объем потребления электрической энергии увеличился с 37 до 43 млрд. кВт·ч, и этот рост продолжается. 145 000 заявок населения на использование электричества для нужд отопления и горячего водоснабжения удовлетворено.

Министр энергетики Республики Беларусь Денис Мороз: «Вопросы энергетического сотрудничества и формирования равных условий доступа к энергоносителям являются основой деятельности всех представленных международных организаций».

Большое внимание в Республике Беларусь уделяется реконструкции и модернизации электросетевой инфраструктуры, а также цифровым технологиям – принято решение о формировании верхнего уровня цифровизации на уровне Министерства энергетики, в том числе с использованием ИИ.

Министр энергетики Республики Беларусь также отметил, что вопросы энергетического сотрудничества и формирования равных условий доступа к энергоносителям являются основой деятельности всех представленных международных организаций.

ШОС/ Заместитель Генерального секретаря ШОС Ахмад Саидмуродзода: в условиях нестабильности на международных энергетических рынках необходимо укреплять сотрудничество на уровне региональных организаций и защищать энергоинфраструктуру.

Заместитель Генерального секретаря ШОС Ахмад Саидмуродзода в своем видеообращении к участникам круглого стола отметил, что в условиях нестабильности на международных энергетических рынках необходимо укреплять сотрудничество на уровне региональных организаций, защищать энергоинфраструктуру, а также содействовать инвестиционному взаимодействию в этой сфере. На этой основе формируется новая архитектура энергетического взаимодействия, в которой все заметнее проявляется роль маленьких и средних держав.

В Тяньцзиньской Декларации Совета глав государств-членов ШОС, принятой 1 сентября 2025 года, главы государств отметили необходимость поступательного повышения устойчивости цепочек производства и поставок энергоресурсов, а также необходимость содействовать устойчивому,

стабильному и сбалансированному развитию недискриминационного мирового энергетического рынка.

В рамках выступления на круглом столе Директор Департамента энергетики ЕЭК Ольга Прудникова рассказала, что ЕЭК прикладывает максимум усилий, чтобы оборот энергоресурсов был рыночным.

Сегодня формирование рынков электрической энергии, газа, нефти и нефтепродуктов уже синхронизировалось. К 2027 году будут созданы инструменты, которые позволят обобщать более свободно все виды энергоресурсов, при этом следует иметь в виду, что двусторонние отношения будут существовать. Прежде всего это внедрение биржевых механизмов.

Ольга Прудникова призвала пересмотреть подходы к энергосбережению и энергоэффективности: необходимо оценивать эффект на протяжении всего жизненного цикла любого мероприятия, любой продукции, включая утилизацию. Это касается тех же ветряков и солнечных панелей, что с ними будет через 10-15 лет и с тем, что под ними.

Она также отметила, что скоординированная энергетическая политика ЕАЭС направлена на обеспечение энергетической и экологической безопасности.

Представитель Союзного государства Республики Беларусь и Российской Федерации Александр Ярошенко в своем выступлении проинформировал, что более 5 миллиардов рублей предусмотрено в бюджете Союзного государства на мероприятия по обеспечению экологической безопасности эксплуатации АЭС, по работе с отходами. Около 50% процентов мероприятий уже реализовано. Он отметил, что реализуются те мероприятия, которые экономически для бизнеса не всегда выгодны.

Еще один вопрос безопасности – черныбыльская тематика. Бюджет пяти мероприятий по данному направлению составил 5 миллиардов рублей. Благодаря мероприятиям Союзного государства в оборот смогли вернуть более 200 тысяч гектар сельскохозяйственных земель и более 120 тысяч гектар земель лесного фонда.

Эти примеры подтверждают, что есть вопросы, которые должны решаться с помощью объединения компетенций государств и их финансирования. Он также выразил надежду на распространение применения позитивного опыта сотрудничества Союзного государства в СНГ и ЕАЭС в части совместной реализации мероприятий, которые дают экономический, политический и, самое главное, социальный эффект.

ВРЕЗКА: Представитель Союзного государства Республики Беларусь и Российской Федерации Александр Ярошенко выразил надежду на распространение применения позитивного опыта сотрудничества Союзного государства в СНГ и ЕАЭС в части совместной реализации мероприятий, которые дают экономический, политический и, самое главное, социальный эффект.

Вице-президент, директор проекта по сооружению Белорусской АЭС АО «АСЭ» Наталья Бакушкина отметила, что сооружение Белорусской АЭС в рамках Союзного государства обеспечило три основных преимущества:

- передачу в проект продвинутых и проверенных решений;
- экономические эффекты, углубление интеграционных связей и развитие смежных высокотехнологичных отраслей – создано около 5000 новых рабочих мест;
- создание единой системы подготовки кадров и гармонизация нормативного поля, также обеспечивается преемственность поколений.

В заключительной части дискуссии участники обсудили вопросы подготовки кадров, текущие вызовы в данной области и возможные направления сотрудничества.

Также было отмечено, что большинство стран мира сталкиваются с проблемой старения основных фондов. Чтобы электроэнергетика не стала сдерживающим фактором роста экономики, должно быть обеспечено опережающее развитие инфраструктуры.

Участники дискуссии также наметили круг вопросов для обсуждения на аналогичном мероприятии в рамках XXX БЭЭФ.

Атомные выгоды от российских АЭС



«Росатом» готов делиться технологиями с дружественными странами, помогая создавать энергетическую и технологическую основу нового уклада экономики и повышения качества жизни. Выгоды уже получают партнеры госкорпорации, причем даже на этапе строительства АЭС. Об этом, а также о перспективах российских атомных технологий в космосе говорили на международном форуме «Российская энергетическая неделя» (РЭН), который прошел в Москве 15–17 октября.

«Росатом» занимает около 90 % глобального рынка сооружения атомных станций. В мире построено 110 энергоблоков российского дизайна. «Россия единственная в мире обладает компетенциями по всей цепочке ядерной энергетики. Строя за рубежом, мы не просто возводим объекты, а вместе с партнерами создаем будущее энергетического сектора и смежных отраслей, формируем прочную национальную кадровую, научную и технологическую базу развития целых государств. На такой основе сооружаем АЭС в Египте, Бангладеш, Турции. Намерены углублять сотрудничество в атомной отрасли со странами Глобального Юга, по линии БРИКС» – за-

явил на РЭН президент России Владимир Путин.

Такое уникальное положение «Росатому» обеспечивает полная самодостаточность российской атомной отрасли. «Ни в одном другом управленческом контуре не собраны все компетенции, от разведки и добычи урана до вывода из эксплуатации и экологических проектов», – заявил на пленарной сессии гендиректор «Росатома» Алексей Лихачев.

Атомными технологиями российские атомщики делятся с начала существования отрасли, строя по всему миру исследовательские и энергетические реакторы. «В нашем генетическом коде – делиться технологиями с

теми странами, которые хотят строить счастливое будущее», – заявил Алексей Лихачев.

Сегодня «Росатом» строит 24 блока, выиграл конкурс на строительство двухблочной АЭС в Казахстане, договорился об увеличении проекта с Узбекистаном – вместо шести блоков малой мощности там построят два блока большой и два блока малой мощности.

Белоруссия выразила желание построить третий энергоблок большой мощности, с Эфиопией подписана дорожная карта строительства объектов атомной генерации, на финальной стадии находятся переговоры еще с несколькими странами.



Выгоды во время эксплуатации

Благодаря двухблочной АЭС, построенной «Росатомом», Республика Беларусь получила чистую энергетику и с ее помощью развивает электромобильность и теплоснабжение. Они полностью, от генерации до привода и котла, безуглеродные. В стране 41 тыс. электромобилей, предполагается, что до конца этого года их станет 50 тыс.

В Беларуси строят многоквартирные дома и переводят индивидуальное жилье на электроотопление. «БелЭнерго», снабжающая теплом и электричеством крупные города страны, установила у себя электрокотлы совокупной мощностью 916 МВт.

На этом в республике не останавливаются и вместе с «Росатомом» развивают цифровизацию, аддитивные технологии, ядерную медицину, системы накопления энергии и проч. «Тот, кто использует атомную энергию, имеет возможность не только укрепить энергетическую безопасность, но и создать условия для повышения качества, уровня комфортности жизни граждан. Не побоюсь сказать: атомная энергетика – это двигатель прогресса. И тот, кто имеет атомную энергетику, всегда будет на шаг впереди», – заявил белорусский вице-премьер Виктор Каранкевич.

Выгоды на этапе строительства

Турция получает выгоду уже на этапе строительства АЭС «Аккую».

Как заявил министр энергетики и природных ресурсов Турции Альпарслан Байрактар, локализация, то есть предоставление работ, товаров и услуг турецкими компаниями, составляет более 50%. «Это поможет нам развивать второй и третий проект или даже проекты за пределами Турции. Может, в Венгрии или где-то еще наши компании смогут поучаствовать», – отметил он.

Мировое атомное сообщество ставит цель – утроение совокупной установленной мощности АЭС. Для этого, пояснил министр, нужны не только финансы и технологии, но и человеческий капитал. У Турции он есть: сотни молодых граждан Турции, получив ядерное образование в России, уже работают на АЭС «Аккую». «Развитие человеческого капитала – самая важная часть нашей программы становления атомной энергетики», – подытожил министр.

Пример того, как атомная отрасль положительно влияет на судьбы людей, – история стипендиатки премии им. Марии Склодовской-Кюри МАГАТЭ Сохайли Абудейф из Египта, также выступавшей на РЭН. Сохайла Абудейф получила высшее образование в России, окончив аспирантуру Московского физико-технического института. Практику проходила на Нововоронежской АЭС. Сейчас Сохайла занимается автоматизацией и цифровизацией промышленных процессов на произ-

водстве. Также она реализует научный проект: вместе с коллегами создала установку по переработке пластика ионизирующим излучением.

Космические планы

На РЭН говорили и о том, как атомные технологии формируют облик будущего. Одно из самых интересных направлений – освоение космоса. «Атомная энергия – ключ к Солнечной системе. На химических двигателях мы далеко не улетим, и человечество будет обречено возвращаться на низкой околоземной орбите», – заявил на РЭН летчик-космонавт Олег Кононенко.

«Росатом» и «Роскосмос» работают над сооружением лунной АЭС. Она там нужна, чтобы жить, работать, ставить эксперименты, добывать водяной лед из полярных кратеров, получать кислород и водород для ракетного топлива, обеспечивать энергией лазерные системы связи. Дальняя перспектива – атомные реакторы для обеспечения жизнедеятельности инопланетных колоний.

«Мы вдохновлены задачей создания налунной атомной электростанции. Таких задач еще человечество не решало. Но они записаны в космическом нацпроекте, поэтому мы просто обязаны их решить», – сказал Алексей Лихачев.

Источник: rosatomnewsletter.com
Фото: копирйт ASE, АЭС «Аккую»

Термояд: на пути к практической энергетике



МАГАТЭ опубликовало обзор «Термоядерный синтез — 2025», в котором представлены ключевые проекты, тенденции в общем положении дел, технологиях, правовом обеспечении и стратегиях, а также первая финансовая оценка затрат и влияния термоядерного синтеза на мировую энергетику и экономику. Важнейшие тренды — переход от исследований и научных разработок к строительству и практическому применению. Россия, один из мировых лидеров в области термоядерного синтеза, создает эти тенденции, участвуя в международных проектах и развивая собственные.

Основные тенденции

«Мы в очередной раз становимся свидетелями стремительных изменений в областях, связанных с энергией термоядерного синтеза. То, что раньше относилось исключительно к категории экспериментальных исследований и долгосрочных перспектив, теперь все чаще рассматривается в качестве фундаментального элемента национальных энергетических стратегий и планов промышленного развития», — говорит во вступительном слове к обзору гендиректор МАГАТЭ Рафаэль Гросси.

Главные тенденции такие: страны утверждают стратегии действий в области термоядерного синтеза. Компании выбирают площадки под станции и проектируют решения первого поколения, — по данным МАГАТЭ, в мире планируется, строится или эксплуатируется более 160 термоядерных установок. Регулирующие органы выпускают руководящие документы — специальные программы в области термоядерного синтеза действуют почти в 40 странах. Конечные потребители обсуждают соглашения о покупке электроэнергии, энергетические компании создают стратегические альянсы с разработчиками термоядерных технологий, а представители ключевых отраслей (автомобилестроения, традиционной энергетики, аэрокосмической промышленности и цифровых услуг) включают разработки в области термоядерного синтеза в свои долгосрочные портфели. Объем частных инвестиций в это направление в мире превышает \$10 млрд.

«Сближение научной мысли, коммерческих интересов и политического ресурса знаменует собой эпохальный сдвиг: термоядерная энергетика вступает в новую фазу — внедрение в

реальных условиях», — комментирует Рафаэль Гросси.

В 2024 году МАГАТЭ учредило Всемирную группу по термоядерной энергии. В нее входят государственные и частные заинтересованные организации, научно-исследовательские институты, образовательные учреждения и регуляторы. Задача группы — обмен опытом, налаживание связей и взаимопонимания.

Прогресс в УТС

Главный термоядерный проект в мире — ИТЭР, Международный термоядерный экспериментальный реактор. Россия — инициатор и один из ключевых его участников. Сейчас российские специалисты готовятся к изготовлению панелей первой стенки из вольфрама (ранее планировали сделать ее из бериллия) и прорабатывают технологии нанесения на них карбида бора, который должен предотвращать попадание примесей в плазму. Российские научные институты планируют циклические тепловые испытания электронным пучком и проверку качества покрытия с помощью облучения импульсными плазменными сгустками. Для ИТЭР это крайне важные исследования, от которых прямо зависит будущее проекта. Также российская сторона выполняет все обязательства по поставкам на ИТЭР оборудования, входящего в сферу ее ответственности.

В докладе перечисляются реализуемые термоядерные проекты в разных странах: совместный японско-европейский JT-60SA, китайский EAST, американские SPARC и NIF, немецкий W7-X и другие. Эксперименты на этих установках уже позволили добиться важных результатов, включая рекорды по температуре и времени удержания плазмы.

Национальные стратегии

Как отмечается в обзоре МАГАТЭ, за последний год многие страны обновили свои стратегии развития термоядерного синтеза, позиционируя их теперь не только как научные программы, но и как слагаемые энергетической, промышленной и внешней политики. «Это отражает все более широкое признание практической осуществимости производства энергии на основе термоядерного синтеза. С учетом открывающихся возможностей правительства выделяют инвестиции и разрабатывают меры политики для содействия внедрению термоядерной энергии в будущем», — отмечают авторы обзора.

В России в рамках национального проекта «Новые атомные и энергетические технологии» реализуется федеральный проект «Технологии термоядерной энергетики». Его основная цель — разработать базовые технологии будущей термоядерной энергетики и необходимую исследовательскую базу.

Россия

В России работает несколько термоядерных установок: это, например, токамаки T-15MD, T-11M, а также сферический токамак «Глобус-M2».

Российские ученые завершили эскизное проектирование токамака нового поколения — токамака с реакторными технологиями (ТРТ), к сооружению которого планируется приступить в ближайшие годы. Предполагается, что проект ТРТ, в основе которого лежит многолетний национальный опыт в области термоядерного синтеза с магнитным удержанием, станет основой национальных исследований, вносящих вклад в мировые исследования и разработки в области термоядерного синтеза.

ТРТ, как ожидается, обеспечит проведение экспериментов по физике плазмы, испытаниям улучшенных материалов и будет интегрирован в международные исследовательские коллаборации.

Правовая база

«В настоящее время не существует согласованного на глобальном уровне определения термоядерной электростанции, однако во многих правовых системах признается необходимость создания четкой нормативной базы применительно к термоядерным устройствам, предназначенным для производства электроэнергии или тепла в коммерческих целях», — говорится в обзоре МАГАТЭ.

Страны активно изучают подходы к нормативному регулированию в сфере термоядерного синтеза. Некоторые уже вводят регламентирующие нормы в отношении термоядерных установок исследовательского назначения. Они служат основой и прецедентом при создании правового поля и базы для правовых отношений и могут применяться к будущим термоядерным электростанциям напрямую или после внесения необходимых изменений.

В обзор, вероятно из-за временных рамок, не вошли изменения в законодательстве РФ, регулирующие термоядерную энергетику. Первого августа президент РФ подписал Федеральный закон №342-ФЗ, представляющий собой поправки к закону «Об использовании атомной энергии». В соответствии с поправками правовые основы и принципы регулирования отношений, возникающих при использовании атомной энергии, распространяются на проектируемые и действующие термоядерные установки, в том числе содержащие ядерные материалы, специальные неядерные материалы и радиоактивные вещества, предназначенные для использования ядерной реакции синтеза с участием легких атомов. Поправки вступят в силу 1 января 2027 года.

Высокотемпературные сверхпроводники

Специальный раздел в обзоре МАГАТЭ посвящен ВТСП. «Обеспечивая более сильное магнитное поле, что позволяет рассчитывать на более компактные устройства, ВТСП-материалы открывают новые возможности

для ускорения развития технологий термоядерного синтеза и создания экономически привлекательных готовых разработок», — отмечают авторы обзора. В обзоре приводятся сложности, с которыми приходится столкнуться при изготовлении, монтаже и использовании ВТСП-магнитов: более сильное магнитное поле создает большие нагрузки в электромагнитной системе, а из-за более компактной геометрии без специальных компенсационных мер усиливается воздействие тепловых потоков плазмы на внутренние поверхности установки. Но, несмотря на это, отмечают авторы обзора, число государственных и частных проектов, в рамках которых используются ВТСП-магниты для уменьшения размеров устройств, стоимости их сооружения и сроков разработки, растет.

Влияние термоядерных технологий на энергетику и экономику

Термоядерные технологии развились до такого уровня, что в мире начали выполнять оценки себестоимости термоядерных электростанций. Так, в обзоре приведен фрагмент доклада The Role of Fusion Energy in a Decarbonized Electricity System, сделанного специалистами Энергетического института Массачусетского технологического института (МТИ) совместно с Центром изучения плазмы и синтеза МТИ и адаптированного для выпуска МАГАТЭ.

Исследователи признали, что будущие затраты на производство электроэнергии с использованием термоядерного синтеза определить сложно,

поэтому они оценивали влияние различных диапазонов предполагаемых затрат, учитывая также кривую обучения. Исследователи использовали оценки капитальных затрат в пересчете на кВт установленной мощности, которые отражают затраты на термоядерные электростанции в США. Исследователи отметили, что в других странах они будут иными и будут зависеть от цены на электроэнергию, рабочую силу и от динамики капитальных вложений.

При базовом сценарии (\$8000/кВт) выработка электроэнергии с использованием термоядерного синтеза, по оценкам исследователей, вырастет с 2 ТВт·ч в 2035 году до 375 ТВт·ч в 2050 году и до 25 тыс. ТВт·ч к 2100 году. Доля термоядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии при базовом сценарии достигнет 15 % к 2075 году и 27 % к 2100 году.

Исследователи также смоделировали возможную экономическую выгоду от применения термоядерной энергетики: «По сравнению со сценарием декарбонизации без термоядерной энергетики совокупный мировой ВВП возрастет на 0,4 % в базовом варианте (при капитальных затратах в размере \$8000/кВт в 2050 году) и на 0,9 % при снижении стоимости до 5600 долл./кВт. Эти результаты свидетельствуют о том, что инвестиции в разработку и внедрение технологий термоядерного синтеза могут создать выгоду для мировой экономики и способствовать достижению целей декарбонизации в течение этого века».

Источник: rosatomnewsletter.com
Фото: [konurayim ИТЭР](https://konurayim.itp.ru)



Собственная Мини ТЭЦ для ЦОД: когда газовая генерация становится основой, а не резервом

JENBACHER
INNIO

Evgeny Churdaev, Sales Director CIS Jenbacher technology, INNIO Group
Galym Iskakov, Project Development Manager, BI Group (Industrial & Energy)

Забудьте о старых представлениях, где газовая генерация – лишь «запасной игрок» на случай чрезвычайных ситуаций. Сегодня она выходит на стартовую позицию, переписывая правила игры в энергоснабжении дата-центров. Представьте газопоршневую электростанцию, которая не простаивает в ожидании аварии, а является сердцем вашего Центра обработки данных (ЦОД), работая круглосуточно, обеспечивая надежность, предсказуемые затраты и открывая путь к новым доходам. С появлением таких технологий, как **Jenbacher J620 от Группы INNIO с возможностью выхода на полную мощность за 45 секунд**, газовый двигатель может служить полноценной альтернативой сети. Для Казахстана, где **энергонезависимость, диверсификация топлива и газификация регионов** являются стратегическими целями, а развитие ИТ-сектора заложено в программе трансформации страны – «Цифровой Казахстан», этот подход – возможность. Он позволяет строить ЦОД нового поколения уже сегодня, используя собственный магистральный газ или решая проблему утилизации ПНГ на западе страны.

Эволюция роли: от «запасного игрока» к «звезде первой величины»

Традиционная модель «сеть + дизельные генераторы» долгое время была устоявшимся стандартом энергоснабжения ЦОД. Однако растущие тарифы на электроэнергию, ограниченная мощность сетей и экспоненциальный рост нагрузок от ИИ и Гипер-

скейлеров заставляют искать новые парадигмы. Собственный генерирующий комплекс на базе газопоршневых установок (ГПУ) – это уже не просто опция резервирования, а полноценная альтернатива, способная взять на себя роль **основного источника электроснабжения**, в то время как внешняя сеть и ДГУ выполняют функции резерва.

Это отлично согласуется с курсом Казахстана на диверсификацию энергетики и цифровизацию экономики, заложенную в стратегических планах государства. Так, в сентябре 2025 Президент Казахстана Касым-Жомарт Токаев в послании «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта» поставил цель превратить страну в «полностью цифровую нацию в течение трех лет»,



создано Министерство искусственного интеллекта и цифрового развития и в 2023 г. утверждена «Энергетическая стратегия Казахстана до 2035 года».

Газ vs. Дизель и Сеть: Тройной выигрыш в экономике, экологии и гибкости

Почему переход на газ в качестве основного топлива – это стратегическое решение?

- **Экономика, которую нельзя игнорировать:** Природный газ исторически обладает более стабильной и прогнозируемой стоимостью по сравнению с дизельным топливом. Когда ГПУ становится основным источником, каждый киловатт-час становится дешевле. А с возможностью **«peak shaving»** (срезки пикового потребления от сети) и **«island mode»** (работы в островном режиме, без внешней сети), ЦОД получает мощный инструмент для оптимизации своих энергозатрат, избегая дорогих тарифов в часы наибольшей нагрузки на сеть. Энергосистемы, включая Казахстанскую, испытывают пиковые нагрузки. ЦОД со своей Мини ТЭЦ может участвовать в рынке системных услуг (РСС) Казахстана, продавая электроэнергию или предоставляя частотную регуляцию, превращаясь из потребителя в партнера Систем-

ного оператора KEGOC и единого закупщика (ЕЗ) в лице РФЦ.

- **Экология как пропуск в будущее:** Жесткие экологические нормы, особенно в рамках госпрограммы «Жасыл Казахстан» и Концепции по переходу к «зеленой» экономике, делают дизельные генераторы все менее приемлемым решением. Согласно исследованиям INNIO, ГПУ на природном газе предлагают снижение выбросов: примерно на **20-30 % меньше CO₂** и **до 90 % меньше NO_x** по сравнению с дизельными аналогами Tier 2. Данные могут меняться в зависимости от условий эксплуатации. Это может способствовать соблюдению глобальных ESG-стандартов и таких национальных инициатив, как «зеленая» повестка Казахстана, и соответствует среднесрочным целям Казахстана по декарбонизации экономики, что может позволить ЦОД функционировать как переходному звену от традиционной к возобновляемой энергетике.

- **Надежность, встроенная в трубопровод:** Подземная газотранспортная система по своей природе менее подвержена воздействию погодных условий и других внештатных ситуаций, чем воздушные ЛЭП. Это обеспечивает встроенную стабильность подачи топлива. Согласно исследованиям INNIO, вероятность коррелиро-

ванного отказа газовой и электрической сети оценивается всего в **~1,5% в течение 36 часов**, в то время как риск срыва поставок дизтоплива достигает **28 % за 72 часа**.

Надежность по стандарту: ГПУ как основной источник в архитектуре Tier

Интеграция ГПУ в качестве основного источника требует переосмысления архитектуры надежности в соответствии со стандартами Uptime Institute.

- **Tier II: (Резервные компоненты).** Здесь ГПУ может выступать основным источником, а сеть – резервным. Это уже может дать огромную экономию на счетах за электроэнергию и повысить экологичность. Резервные линии питания и трансформаторы обеспечивают отказоустойчивость. Внешняя сеть или ДГУ выступают вторичным и третичным резервом.

- **Tier III: (Возможность текущего обслуживания).** Требуется возможность обслуживания любой системы энергоснабжения без прерывания работы ИТ-нагрузки. Золотая середина для многих коммерческих ЦОД. Ключевой принцип – «N+1»: любой компонент можно отключить для ремонта без остановки ИТ-нагрузки. Здесь возможна конфигурация: несколько ГПУ



работают в качестве основной электростанции, одна ГПУ и городская сеть и, возможно, один ДГУ, выступают в роли резерва. Пока один газовый двигатель на техобслуживании, остальные плюс резервные источники несут нагрузку. В этом случае отказ одного ГПУ или его плановое обслуживание компенсируется резервной ГПУ, а внешняя сеть и ДГУ выполняют роль дополнительных, распределенных резервов. Именно для таких конфигураций **быстрый старт двигателя Jenbacher J620 за 45 секунд** критически важен для переключений между источниками.

• **Tier IV (Отказоустойчивость как догма).** Система должна выдерживать любое единичное повреждение без воздействия на ИТ-нагрузку. Требуется полного дублирования всех систем (2N). В такой схеме ГПУ может быть основой для одного или каждого из двух независимых энергопотоков. Это высший пилотаж, где собственная газовая генерация, дополненная резервными ДГУ и независимыми вводами сети, создает усиленный энергокомплекс. Любая единичная отказная ситуация – остановка ГПУ, отказ газопровода, перебой в сети – должна автоматически компенсироваться без потери нагрузки.

Важно понимать: ГПУ не всегда вытесняет ДГУ на уровнях Tier III и IV. Чаще они работают в тандеме. ГПУ могут выполнять функцию «рабочей лошади», ежедневно производящей дешевую и чистую энергию, а ДИБП (Динамический ИБП aka DRUPS) или ИБП (UPS), или ДГУ – это «последний дозор», всегда готовый вступить в дело при каскадных отказах.

• **Три лица современных ЦОД:**

♦ **Enterprise, Cloud Services:** Для них приоритет – бесперебойность, масштаб и соответствие ESG-требованиям. ГПУ как основной источник является отличным вариантом для строительства больших кампусов в регионах с ограниченной сетевой инфраструктурой, обеспечивая низкую и предсказуемую стоимость владения (TCO). Пример: **проект INNIO в Дублине**, где технология Jenbacher обеспечивает надежное и более экологичное энергоснабжение гипермаштабного ЦОД.

♦ **AI Application, Гиперскейлеры:** «Энергетические атлеты». Их графики нагрузки почти постоянны и экстремально высоки. ГПУ для них – это возможность получить мощность «здесь и сейчас», не дожидаясь готовности

сетей к подключению проектов. Так, оборудование Jenbacher в Северной Америке стимулирует расширение центров обработки данных для AI благодаря быстрым, гибким и устойчивым энергетическим решениям.

♦ **Crypto Mining:** «Бюджетные ультрамарафонцы». Их модель строится на минимальной стоимости киловатт-часа. Для них ГПУ, особенно работающие на попутном нефтяном газе (ПНГ) – это часто наиболее экономически оправданная модель, превращающая проблему утилизации ПНГ в актив. Бюджетность и Uptime (время бесперебойной работы) здесь достигаются за счет упрощения инфраструктуры ЦОД (часто до Tier II), но не за счет качества энергии.

Для Казахстана, стремящегося стать региональным цифровым лидером, собственная электростанция – может стать основой энергонезависимости таких проектов, как **Цифровой город «Alatau City», «Астана Хаб»** или инфраструктура «умных» городов (Астана, Алматы). ГПУ поможет обеспечить их работу независимо от состояния национальных сетей, обеспечивая обработку критических данных для городского управления.



Отметим отдельно, использование попутного нефтяного газа (ПНГ) также получает особое стратегическое значение. Строительство ЦОД для майнинга или вычислений вблизи месторождений, например, в Атырауской или Актыубинской областях, решает сразу две проблемы: обеспечивает дата-центры сверхдешевой энергией и помогает нефтяным компаниям выполнять строгие экологические нормы по утилизации ПНГ. Это создает синергию между двумя ключевыми секторами экономики – ТЭК и цифровизацией.

**Синергия Огня и Льда:
Полный цикл
энергоэффективности**

Самая продуктивная часть этой истории – когда мы используем не только электрическую, но и тепловую энергию ГПУ в эпоху растущих плотностей ИТ-нагрузок.

• **Эволюция тепловыделения:** От стандартных 5-10 кВт/стойку мы прошли 40-50 кВт для высокопроизводительных вычислений (HPC) и уже на уровне к 100 кВт/стойку и выше. Традиционное воздушное охлаждение с помощью прецизионных кондиционеров достигает своих физических пределов.

• **Арсенал современных систем охлаждения:**

♦ **Фрикулинг (свободное охлаждение):** Эффективно в регионах с холодным климатом (что актуально для многих областей Казахстана), но неспособно справиться с экстремальными плотностями в одиночку и зависит от времени года.

♦ **Адиабатическое охлаждение:** Эволюция фрикулинга, особенно эффективная в условиях сухого климата. Система использует испарение воды для предварительного охлаждения воздуха, что значительно расширяет диапазон применения «свободного» охлаждения в теплое время года. Это позволяет сократить энергопотребление традиционных чиллеров.

♦ **Жидкостное охлаждение с использованием чиллеров:** Становится новым стандартом для высокоплотных стоек. В качестве теплоносителя используется вода, гликолевые растворы или специализированные жидкости. Теплоноситель забирает тепло непосредственно с процессоров (через холодные плиты) или от тепло-

обменников в стойках, обеспечивая высокоэффективный отвод тепла.

♦ **Иммерсионное охлаждение:** Передовая технология, где серверы полностью погружаются в диэлектрическую жидкость, повышая эффективность отвода тепла и позволяя достигать высоких плотностей мощности.

• **Когенерация: Отработанное тепло как бесплатный ресурс для охлаждения.** ГПУ вырабатывает электричество, и до 50 % энергии топлива уходит в тепло. Это не отходы, а ценный ресурс! Это тепло, с температурой выхлопа у двигателя Jenbacher J620 около 380 °С, можно направить в абсорбционную холодильную машину (АБХМ), которая производит холод для тех же чиллеров или других систем кондиционирования. Таким образом, газ, сжигаемый в двигателе, не только питает серверы, но и практически бесплатно их охлаждает, поднимая общий КПД энергоцентра вплоть до 90 %. Это может сделать высокоплотные ЦОД, особенно для ИИ, не только возможными, но и экономически эффективными. Применение Абсорбционной Холодильной Машины (АБХМ) в схеме когенерации меняет экономику и энергоэффективность дата-центра, напрямую улучшая его PUE (Power Usage Effectiveness), т.к. АБХМ для работы не потребляет значительного количества электричества (только насосы, оценочно ~1-5 % от ее холодильной мощности).

**Цифровая трансформация
обслуживания: myplant и
предиктивная аналитика**

Современные ГПУ – это не просто железо, это сложные киберфизические системы. Платформа myplant от INNIO обеспечивает цифровую прозрачность работы установок в режиме 24/7. Используя предиктивную аналитику, система заранее предупреждает о потенциальных отклонениях, позволяя перейти от планово-предупредительного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию. Это прямой вклад в Uptime (время бесперебойной работы), переводя обслуживание из реактивного («чиним, когда сломалось») в проактивное («меняем, когда аналитика показала износ») и дает инженерам контроль над энергоактивом.

Цифровой двойник газопоршневой установки, работающей, к примеру, на одном из месторождений в Западном Казахстане, может управляться и мониториться инженерами из сервисного центра в г.Астана, что особенно актуально для большой страны с неравномерной плотностью технических специалистов.

Заключение:

ЦОД как энергохаб:

стабильность,

суверенитет и устойчивость

Мы стали свидетелями трансформации: газопоршневая установка сегодня может стать краеугольным камнем новой энергетической архитектуры ЦОД. Она обеспечивает не только энергетическую стабильность для бизнеса, но и способствует энергетическому суверенитету страны, распределяя генерацию и разгружая сети.

Для Казахстана, где развитие ИТ-индустрии в рамках «Цифрового Казахстана» и возобновляемой энергетики (ВИЭ) объявлено национальным приоритетом, это историческая возможность: строить современные, энергоэффективные дата-центры, используя собственные ресурсы – будь то магистральный или попутный нефтяной газ. Это не только позволит стать региональным хабом для обработки данных, облачных и AI-сервисов, но и может создать синергию между традиционным ТЭК и новой цифровой экономикой, обеспечивая устойчивый и технологичный рост в полном соответствии с планами национального развития, такими как «Стратегия «Казахстан-2050».

ЦОД с газопоршневым энергоцентром – это больше не объект инфраструктуры. Это интеллектуальный узел, генерирующий данные, энергию и прибыль, превращая сегодняшние вызовы в возможности.

Евгений Чурдалев,
Директор по продажам
Газопоршневых двигателей
Jenbacher Gas Engines
М.: +7 771 897 12 23,
М.: +995 511 332 656 (WA, Tg)
Eugene.Churdalev@innio.com,
www.jenbacher.com

Проблемы эксплуатации радиорелейного оборудования на объектах энергетики в условиях ограниченного радиочастотного спектра и современные методы их решения



Дмитрий ВИТОШНОВ
руководитель отдела технической поддержки
ООО «ADVANTEK SYSTEMS»

В современной энергетике радиосвязь играет ключевую роль в обеспечении бесперебойной работы инфраструктуры – от высоковольтных линий и распределительных подстанций до аварийных и ремонтных служб. С каждым годом требования к качеству и устойчивости радиоканалов растут, а технологии связи становятся всё более интеллектуальными и интегрированными в цифровую экосистему отрасли.

Для энергетических предприятий оперативная радиосвязь — это не просто вспомогательный инструмент. Она является основным каналом передачи критически важной информации в реальном времени. Через неё координируются действия персонала, ведётся диспетчерское управление, обеспечивается безопасность работ и обмен технологическими данными.

Особенно важна радиосвязь в условиях, когда проводные каналы недоступны – на удалённых подстанциях, в труднодоступных районах или при ликвидации аварий. В таких случаях от её надёжности напрямую зависит скорость восстановления энергоснабжения и безопасность персонала.

Тем не менее, эксплуатация радиооборудования на подстанциях сопряжена с целым рядом факторов, способных существенно снизить его работоспособность. Рассмотрим основные из них.

1. Электромагнитные помехи (ЭМП)

Одним из наиболее значимых факторов, влияющих на качество радиосвязи в энергетике, являются электромагнитные помехи.

Подстанции – это среда с высокой концентрацией источников ЭМП:

трансформаторы, коммутационные аппараты, высоковольтные шины и токовые цепи.

На радиосвязи это проявляется, как:

- ухудшение соотношения сигнал/шум в радиоканале;
- искажения и обрывы передачи данных;
- нестабильная работа приёмопередающих модулей;
- ложные срабатывания автоматики.

2. Качество электропитания

Радиооборудование подстанций должно работать стабильно даже при колебаниях напряжения или отключениях питания. Однако на практике качество электропитания на объектах может быть нестабильным, особенно на удалённых или старых подстанциях. Это сказывается на работоспособности оборудования.

3. Температурные воздействия и климатические условия

Подстанции расположены на открытой местности, где оборудование подвержено воздействию экстремальных температур, осадков, ветра и пыли. Радиостанции, ретрансляторы и антенны при этом должны функционировать в широком диапазоне температур – от сильных морозов до жары.

Критические факторы:

- переохлаждение или перегрев радиоаппаратуры;
- образование конденсата внутри корпусов;
- коррозия контактов и антенн;
- деградация аккумуляторов при низких температурах.

4. Механические и вибрационные нагрузки

Многие элементы радиооборудования – антенны, мачты, соеди-

нительные кабели – подвержены механическим воздействиям. На подстанциях это могут быть вибрации от трансформаторов, ветровые нагрузки, удары при обслуживании или транспортировке оборудования.

Как следствие это:

- ослабление соединений и разрывов;
- деформация антенн и нарушение диаграммы направленности;
- повреждение фидерных линий;
- отказы приёмопередающих модулей.

5. Несоответствие частотного плана и радиопомехи от внешних источников

На подстанциях радиочастотное пространство может быть насыщено не только собственными сигналами, но и помехами от сторонних служб – операторов мобильной связи, транспортных систем, промышленных предприятий.

Возможные проблемы:

- наложение частот и взаимные помехи;
- ухудшение чувствительности приёмников;
- потеря синхронизации в цифровых радиосетях.

6. Ошибки монтажа и эксплуатационные нарушения

Даже высококачественное оборудование может работать нестабильно из-за ошибок при установке или эксплуатации. Неправильная длина кабеля, несогласование антенны, плохое экранирование или отсутствие заземления – всё это способно свести на нет преимущества дорогостоящей системы.

Типичные ошибки:

- размещение радиостанции слишком близко к источникам ЭМП;
- несоблюдение требований по прокладке кабелей;
- использование неподходящих разъемов и антенн;
- нерегулярное обновление прошивок и калибровок.

7. Износ оборудования и недостаток технического обслуживания

Многие подстанции эксплуатируются десятилетиями, и радиооборудование часто работает на пределе ресурса. Износ аккумуляторов, окисление контактов, деградация микросхем и механические повреждения

приводят к постепенному снижению надёжности связи.

8. Влияние цифровизации и сетевой интеграции

С переходом энергетики к цифровым платформам появилось новое направление рисков – программные и сетевые сбои. Ошибки конфигурации, кибератаки, потеря связи между сетевыми узлами могут парализовать систему связи на подстанции.

Как видим из перечисленного работоспособность радиооборудования на подстанциях определяется множеством факторов – от электромагнитной обстановки и качества питания до уровня подготовки персонала.

Наиболее критичными являются:

- электромагнитные и климатические воздействия;
- стабильность электропитания;
- корректный монтаж и эксплуатация;
- техническое состояние и регулярное обслуживание;
- защита от внешних радиопомех и цифровых угроз.

Комплексный подход, сочетающий технические, организационные и эксплуатационные меры, позволяет обеспечить устойчивую и безопасную работу радиосвязи даже в сложных условиях энергетических объектов. В условиях растущей цифровизации подстанций это становится не просто требованием регламентов, а стратегическим фактором надёжности всей энергосистемы.

Для выполнения этих требований важную роль играет правильный выбор оборудования и производителя монтажных и пусконаладочных работ. В то же время с каждым годом растут проблемы с использованием радиочастотного спектра.

Главная сложность – ограниченность ресурса. Доступные диапазоны распределены между множеством служб: подвижной, фиксированной, спутниковой, радиолокационной, навигационной и др.

Частоты, пригодные для дальнейбойной и устойчивой связи (30 МГц – 6 ГГц), заняты почти полностью. Даже в более высоких диапазонах (mmWave) доступ ограничен техническими и экономическими факторами.

Кроме того, спектр часто фрагментирован – одни диапазоны пере-

полнены, другие используются неэффективно. Из-за этого возникают «островки» занятых частот, не позволяющие развернуть непрерывные полосы под современные широкополосные системы.

За разделением и выделением частотного спектра следят государственные организации, разрешая или запрещая использовать ту или иную частоту любой из организаций Казахстана. Несмотря на это возникают конфликты интересов.

Военные системы требуют защиты и приоритета.

Операторы связи настаивают на расширении полос под 4G/5G и фиксированный доступ.

Промышленные и энергетические предприятия нуждаются в стабильных «служебных» каналах связи для технологических нужд (SCADA, телемеханика, аварийная сигнализация).

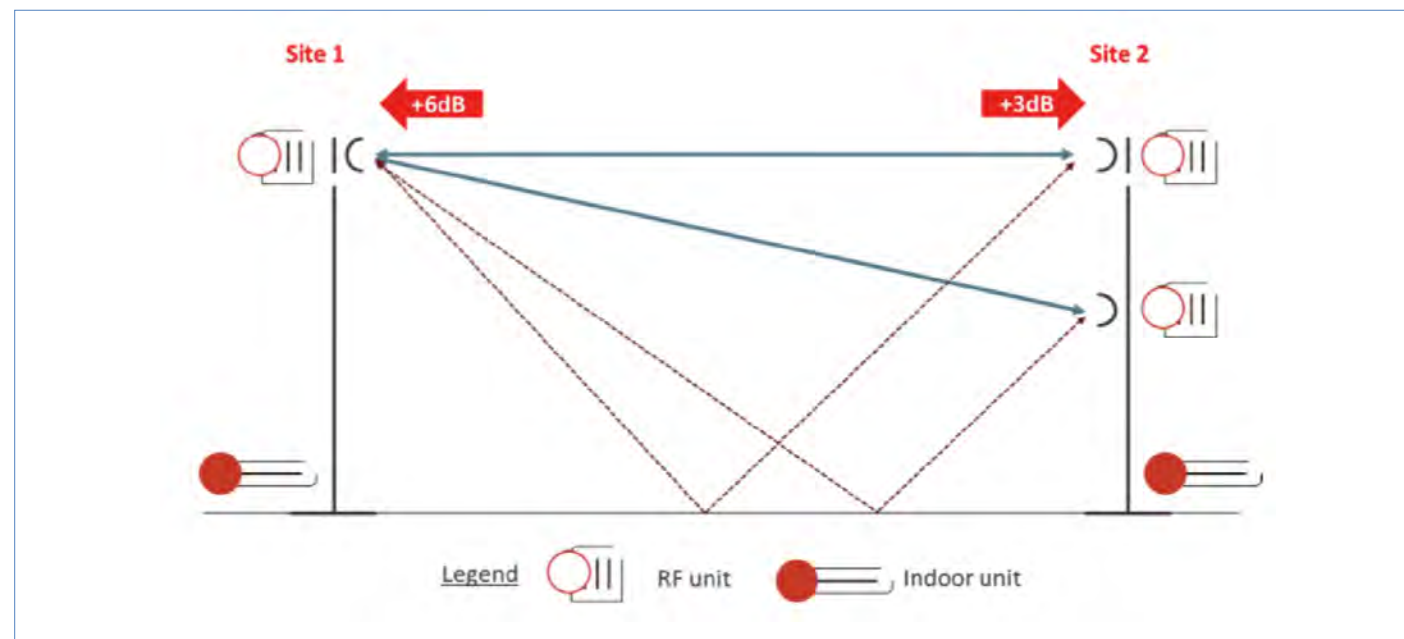
Поэтому выделение частот очень сложная задача, особенно в условиях растущего количества пользователей и растущего спроса на все более широкополосные системы для увеличения скорости.

Но даже при официальном разделении спектра возникают радиопомехи, вызванные:

- перекрытием каналов и гармониками;
- отражениями сигналов и переизлучением;
- неисправным или нелегализованным оборудованием;
- использованием одинаковых частот в соседних регионах.

Проблемы ЭМС становятся особенно критичными на промышленных площадках, подстанциях и в зонах с высокой плотностью радиосредств. Результат – ухудшение качества связи, потери пакетов, сбои телемеханики и рост времени реакции систем.

Серьёзную угрозу представляют нелегализованные или плохо контролируемые передатчики – особенно в диапазонах 2.4 ГГц и 5 ГГц, где работают Wi-Fi и промышленные сети. Неправильная настройка оборудования, превышение мощности, использование нестандартных антенн создают широкополосные помехи и мешают легальным пользователям.



В энергетике такие ситуации могут привести к потере связи с подстанциями, нарушению телеметрии и отказам автоматизированных систем управления.

Поэтому при реализации любого проекта по строительству радиорелейного канала следует учитывать:

1. Технические и эксплуатационные характеристики оборудования, способность работать в заданном условии температур, при ограничении выделенного частотного спектра.
2. Способность компании installатора выполнить работы в соответствии со стандартами и особенностями производства.
3. Грамотное и своевременное техническое обслуживание, и контроль за работоспособностью оборудования.

Компания Ceragon (Израиль) давно известна в Казахстане. Радиорелейное оборудование этой компании давно и успешно эксплуатируется на самых разных объектах в различных суровых условиях. Что предлагает эта компания в условиях растущих

требованиях по скорости канала в условиях ограниченного частотного спектра.

Компания предлагает следующие технологии

1. Улучшенное пространственное разнесение (ASD)
2. Улучшенное повторное использование частот (AFR)
3. Технология 4x4 LoS-MIMO

Улучшенное пространственное разнесение (ASD – Advanced Spatial Diversity) ▲ – это технология, применяемая в системах беспроводной связи для повышения надёжности и качества приёма радиосигнала за счёт использования нескольких антенн, размещённых в разных точках пространства.

Суть метода заключается в том, что сигналы, принятые разными антеннами, проходят различные радиоканалы и подвергаются независимому замиранию (федингу). Система объединяет эти сигналы с помощью специальных алгоритмов (например, MRC, EGC, Alamouti-кодирования),

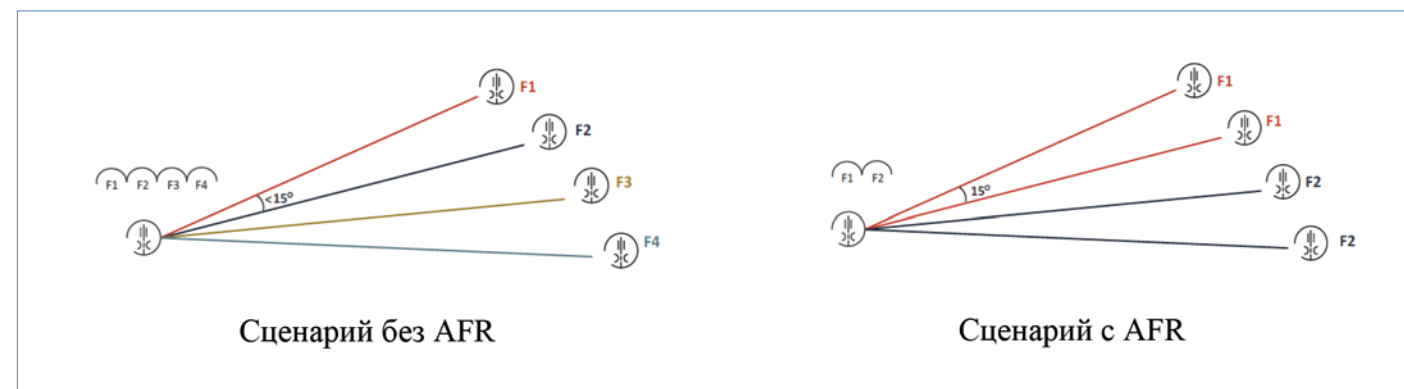
что позволяет уменьшить влияние помех, интерференции и многолучевости.

Преимущества ASD:

- Повышение устойчивости к замираниям и потере сигнала;
- Улучшение отношения сигнал/шум (SNR);
- Рост дальности и стабильности связи;
- Возможность использования в MIMO-системах и современных радиосетях (LTE, WiMAX, 5G).

Применение: энергетические и промышленные системы связи, беспроводные магистрали, радиорелейные линии, а также мобильные сети, где требуется высокая надёжность и помехоустойчивость передачи данных.

Улучшенное повторное использование частот (AFR – Advanced Frequency Reuse) ▼ – это технология оптимизации спектра, при которой **одни и те же радиочастоты** используются в разных зонах покрытия с минимальными взаимными помехами.



Суть AFR состоит в **умном планировании распределения каналов** между секторами и базовыми станциями: частоты назначаются так, чтобы соседние ячейки не создавали существенных интерференций, а использование спектра оставалось максимально эффективным.

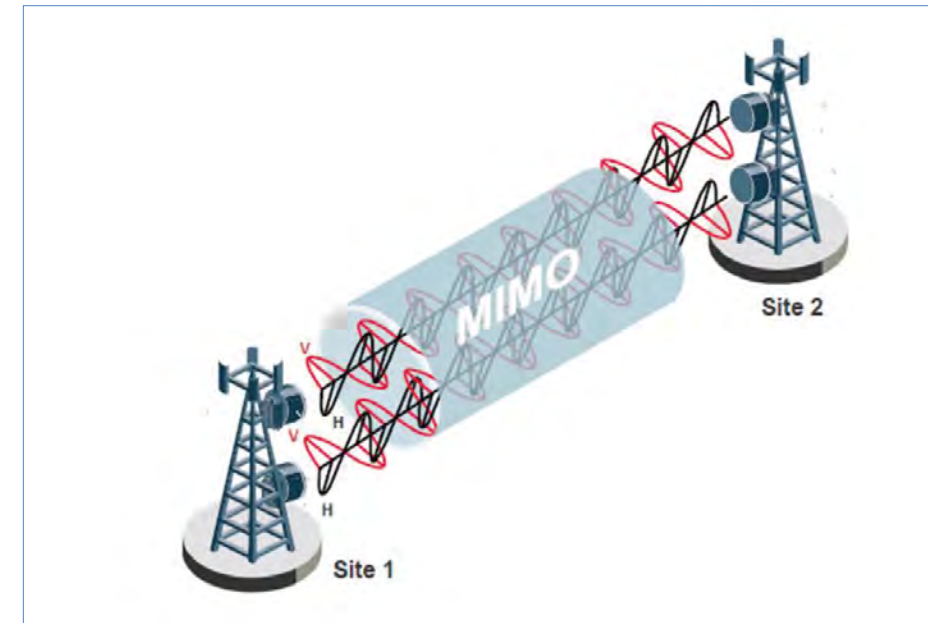
Преимущества AFR:

- Повышает спектральную эффективность сети;
- Снижает уровень межсекторных и межячеечных помех;
- Увеличивает ёмкость и пропускную способность системы;
- Позволяет гибко масштабировать сеть без расширения полосы частот.

Применение: Обычно эта технология используется в широкополосных системах, таких как WiMAX, LTE или 5G, в сетях с высокой плотностью базовых станций – например, в городских и промышленных зонах. Но учитывая растущий дефицит радиочастотного спектра компания Ceragon использовала эту технологию в своем оборудовании, чтобы можно было установить большее количество радиолинков на ограниченной территории с использованием одних и тех же частот.

Технология 4x4 LoS-MIMO (Line-of-Sight Multiple Input Multiple Output) – это метод передачи данных, использующий **четыре передающие и четыре приёмные антенны**, работающие в условиях **прямой видимости (LoS)** между точками связи.

В отличие от классического MIMO, основанного на многолучевости и отражениях, LoS-MIMO использует



геометрическое разнесение антенн и точную фазовую синхронизацию, чтобы формировать несколько независимых пространственных каналов даже при прямой видимости.

Основные особенности:

- Работа в условиях прямой видимости (например, для радиорелейных и беспроводных магистралей);
- Передача нескольких потоков данных одновременно по одной несущей частоте;
- Повышение пропускной способности канала без расширения полосы частот;
- Требуется высокой точности выравнивания антенн и синхронизации фаз.

Преимущества:

- Увеличение скорости передачи

данных в 3–4 раза по сравнению с обычным SISO-каналом;

- Более эффективное использование спектра;
- Снижение чувствительности к помехам при правильной калибровке.

Применение:

в радиорелейных линиях связи, беспроводных транспортных сетях (backhaul), энергетических и промышленных системах, где требуется **высокая пропускная способность при стабильном канале связи**.

Все эти решения улучшают возможности использования оборудования в сложных, ограниченных условиях, предоставляя эксплуатантам более высокую пропускную способность канала при ограниченных исходных условиях.

ADVANTEK SYSTEMS – официальный партнер Ceragon в Казахстане.

За более чем 20 лет своей истории, компания реализовала большое количество проектов по построению радиорелейных линий связи во всех регионах Казахстана. Обращайтесь по всем интересующим вопросам касательно технологической связи.

Наша компания «ADVANTEK SYSTEMS», имеющая за плечами громадный опыт 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.

Энергия без иллюзий: как Шульбинская ГЭС ищет баланс между мегаваттом и рекой

Гидроэнергетика традиционно воспринимается как «чистый» источник энергии. Но любой специалист скажет: даже самая экологичная генерация – это всегда поиск баланса. Между рекой и турбиной, между выработкой и экосистемой, между потребностями экономики и ответственностью перед природой. Именно в этой точке баланса сегодня работает Шульбинская гидроэлектростанция – крупнейшая в Казахстане по установленной мощности.

Расположенная в 70 километрах от Семей, Шульбинская ГЭС является третьей ступенью Иртышского каскада и выполняет не только энергетическую, но и важную водорегулирующую функцию: аккумулирует стоки рек Иртыш, Ульба и Уба, участвует в компенсационном регулировании водного режима и весеннем затоплении пойменных лугов Павлодарской области. Любое управленческое решение здесь неизбежно затрагивает экологический контур.

Экология как система, а не акция

Сегодня экологическая деятельность Шульбинской ГЭС выстроена в рамках Системы экологического менеджмента и интегрирована в общую систему управления рисками предприятия. Регулярный производственный экологический контроль проводится по утверждённой программе ПЭК, а результаты мониторинга ежеквартально направляются в уполномоченные государственные органы. Такой подход позволяет не просто фиксировать показатели, но

и своевременно реагировать на возможные отклонения.

Экологические риски – от воздействия на водные ресурсы до обращения с отходами – рассматриваются как часть общей корпоративной ответственности, а не как второстепенный фактор.

Отходы, цифры и честная статистика

Один из индикаторов реальной экологической работы – обращение с отходами. На Шульбинской ГЭС эта система выстроена строго в соответствии с законодательством и внутрен-

ними нормативными документами. Все отходы классифицируются как опасные и неопасные, для их раздельного сбора оборудованы специальные зоны и контейнеры.

За период с 2020 по 2024 год на станции было собрано и передано на утилизацию 172 кг отработанных батареек и 511 кг макулатуры. Только в 2025 году на переработку на безвозмездной основе передано 358 кг макулатуры. Это не рекордные цифры для мегаполиса, но для промышленного объекта – показатель системной работы, а не разовой кампании.



«Зелёный офис» как часть корпоративной культуры

Экологическая ответственность на Шульбинской ГЭС начинается не с лозунгов, а с повседневных решений. В рамках проекта «Зелёный офис» внедряются энергоэффективные и ресурсосберегающие практики: используются датчики движения и фотореле, проводится поэтапная замена ртутьсодержащих ламп на светодиодные, внедрена электронная система документооборота, что существенно сократило потребление бумаги.

Для офисных нужд приобретается бумага с маркировкой FSC, подтверждающей ответственное лесопользование. В санитарных помещениях установлены двухкнопочные системы слива и аэраторы на смесителях, позволяющие снижать расход воды без ущерба для комфорта.

Люди и среда: субботники как осознанный выбор

Экология – это не только технологии, но и вовлечённость персонала. С января по ноябрь на Шульбинской ГЭС проведено четыре субботника, в ходе которых очищено 0,45 гектара территории и собрано около двух тонн мусора. Отдельное внимание уделяется береговой линии Шульбинского водохранилища – с последующим тимбилдингом, что превращает экологические мероприятия в элемент корпоративной культуры, а не формальность.

Сохранение биоразнообразия

Станция придаёт большое значение поддержанию природного баланса. Ежегодно проводится зарыбление Шульбинского водохранилища для восполнения рыбных запасов и сохранения экосистемы Иртыша. Параллельно реализуются мероприятия

по озеленению и посадке деревьев в рамках программ декарбонизации, направленных на частичную компенсацию углеродного следа.

Энергия будущего – через ответственность

Шульбинская ГЭС сертифицирована по международным стандартам ISO 14001 и ISO 50001, подтверждая системный подход к экологическому и энергетическому менеджменту. При установленной мощности 702 МВт и штате более 200 человек станция остаётся примером того, как крупная энергетика может сочетать надёжную генерацию с ответственным отношением к окружающей среде.

В условиях энергетического перехода именно такие объекты – без иллюзий, но с чёткими принципами – формируют основу устойчивой энергетики будущего.



ОЧИСТКА ВОЗДУХА ДЛЯ ГАЗОВЫХ ТУРБИН И РОТОРНЫХ МАШИН

ФОЛТЕР
ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ
ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ



ВОЗДУХООЧИСТНЫЕ УСТРОЙСТВА ВОУ (КВОУ)

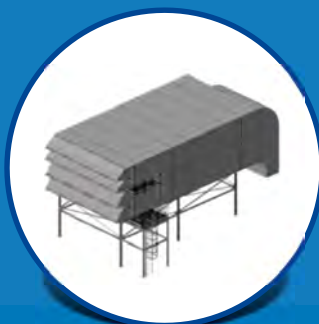
ИМПУЛЬСНЫЕ КВОУ ОТ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ И
СНЕЖНЫХ ЗАНOSОВ



КЛАССИЧЕСКИЕ КВОУ
С КОМПАКТНЫМИ ФИЛЬТРАМИ



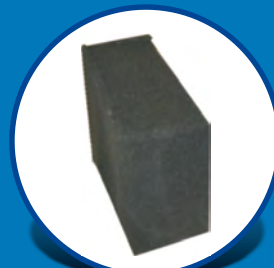
КАНАЛЬНЫЕ КВОУ
НИЗКОЙ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ



СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ ФОЛТЕР

СРОК СЛУЖБЫ ОТ 2-Х ДО 3-Х ЛЕТ / КОМПАКТНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ В КВОУ / ПОНИЖЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

КОМПАКТНАЯ 3-Х СТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА



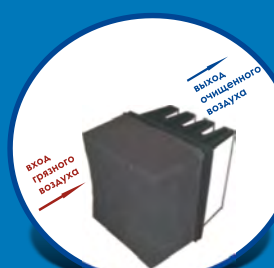
ВЛАГУЛОВИТЕЛЬ ВО
КЛАСС G2



РЕВЕРСИВНЫЙ ФИЛЬТР ФГО
КЛАСС G4



ФТО КЛАСС F8-F9



3-Х СТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ
В РАБОЧЕМ ПОЛОЖЕНИИ

АБСОЛЮТНАЯ ОЧИСТКА ВОЗДУХА НЕРА И ЕРА ФИЛЬТРАМИ



РЕВЕРСИВНЫЙ ФИЛЬТР
ГРУБОЙ ОЧИСТКИ (ФГО) КЛАСС G4
С ВЛАГУЛОВИТЕЛЕМ КЛАСС G2



ФИЛЬТР
ТОНКОЙ ОЧИСТКИ
(ФТО) КЛАСС M6-F9



ФИЛЬТР
ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ
(ФЭО) КЛАСС E10-H13



4-Х СТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ
В РАБОЧЕМ ПОЛОЖЕНИИ



ООО «НПП «ФОЛТЕР»
127238, г. Москва, Дмитровское шоссе,
д. 46, к. 2, строение 2, этаж 8, комната 18
тел./факс: (499) 519-13-99, (499) 287-17-99
folter@folter.ru; www.folter.ru

+7 (499) 519-13-99
www.folter.ru

Эксклюзивный поставщик в Казахстане
ООО «ФР-МАРКЕТ»
142211, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. 1-я Московская,
д. 44/16, помещение 5
e-mail: fr-market@bk.ru

AIZ
ЛЫТКАРИНО

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 жёсткой и гибкой ошиновки подстанций; демпер – марка распорки-демпера нового поколения; арматуру для жёсткой 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 (499) 754-22-86 (многоканальный)
Отдел сбыта: l@ aiz.com, m@ aiz.com, e@ aiz.com, 8@ aiz.com, сайты: www.insulators.ru, www.bus-bar.ru

CPX 200 – одно устройство. Бесконечные возможности. Вступайте в новую эру тестирования, которая открывает перед Вами будущее

OMICRON



После удивительного путешествия в мире развития мы с большим удовольствием представляем наше решение для текущих и будущих вызовов отрасли: CPX 200. Этот многофункциональный тестовый набор нового поколения состоит из аппаратных элементов CPX 200, системного компонента HVX10, программного обеспечения CPXpert для ПК и платформы оценки данных CORTEX Grid. Мы объединили их в гармоничную экосистему, которая легче, умнее и мощнее любой другой в отрасли. Одна компактная система охватывает испытания силовых трансформаторов, измерительных трансформаторов и коммутационной аппаратуры, заменяя целый грузовик оборудования решением, которое весит менее 30 кг. Модульное аппаратное обеспечение позволяет за считанные секунды перейти от высокого тока к высокому напряжению. Интегрированное и интуитивно понятное программное обеспечение CPXpert беспрепятственно гармонизирует с новой облачной платформой оценки данных CORTEX Grid, обеспечивая управляемые рабочие процессы, создание отчетов одним щелчком мыши и унифицированные данные по всему парку оборудования. Результатом является более быстрая настройка, более безопасное тестирование и практические выводы, которые помогают поставщикам услуг и коммунальным предприятиям экономить время, снижать риски и принимать лучшие решения.

CPX 200 — дорогу экспертизу!

CPX 200 и вся его экосистема были разработаны для решения существующих и будущих проблем. Многофункциональность, модульная структура и легкий вес помогают укрепить стабильность сети и расширить возможности децентрализованных энергетических сетей.

Например, CPX 200 идеально подходит для ввода в эксплуатацию и технического обслуживания. Поставщики услуг, производители, управляющие активами и инженеры испытательных полигонов получают преимущества от самого безопасного испытательного оборудования на рынке. Кроме того, его легко транспортировать в рюкзаке или чемодане, что делает его идеальным для перевозки.

Многие компании, в том числе и наша, сталкиваются с серьезной нехваткой квалифицированных кадров и увеличением рабочей нагрузки. CPX 200 – самый маленький и легкий многофункциональный испытательный набор в мире (на 59 % меньше среднего), он обеспечивает большую свободу для более быстрой и мобильной работы, позволяя поль-

зователям выполнять больше задач в безопасных условиях за меньшее время. Улучшения выходят далеко за рамки аппаратного обеспечения, поскольку программное обеспечение CPXpert также помогает оптимизировать подготовку, выполнение и анализ результатов тестирования с помощью современных функций управления. В дополнение к этому, благодаря CORTEX Grid, полученные данные доступны для различных оценок и интерпретаций по всему миру в течение нескольких минут, что позволяет проводить наилучшую оценку состояния всех ваших активов.

Разработано с учетом требований безопасности

Комплексные функции безопасности, снижающие риск поражения электрическим током:

- Ключ INTERLOCK
- Рабочий процесс в соответствии с EN 50191
- Инструкции по подключению с индикаторами разъемов
- Красные и зеленые сигнальные лампы
- Кнопка аварийного отключения

- Дополнительная внешняя сигнальная лампа*.

*будет доступна в ближайшее время.

Настраиваемый в соответствии с вашими требованиями

Благодаря модульному аппаратному и программному обеспечению, аксессуарам и индивидуальным сервисным предложениям, CPX 200 можно подобрать в соответствии с вашими потребностями. Вы можете начать с гибкой многофункциональной установки, которую впоследствии можно легко преобразовать в специализированную тестовую систему, отвечающую вашим конкретным требованиям.

Раскройте весь его потенциал с помощью:

- 1000 A AC/DC с модулем высокого тока
- 10 кВ AC/DC с системным компонентом HVX10
- Диапазон испытательных частот: 1–600 Гц и DC.

Максимальная мощность в минимальном объеме

Все испытания могут проводиться при общем весе системы менее 30 кг.

- CPX 200: 10,6 кг
- Модуль высокого тока: 3,3 кг

- HVX10: 14,8 кг
- Улучшенный доступ в ограниченных пространствах благодаря рюкзаку или сумке для переноски
- Легкое системное решение, которое устраняет необходимость поднимать тяжести и без ограничений на транспортировку.

Всегда готов к использованию

Комбинированные измерительные каналы сокращают объем работ по подключению

- Реальные трехфазные напряжения для измерения коэффициента трансформации силового трансформатора
- Цветной мультисенсорный дисплей с автоматической регулировкой яркости для непревзойденной читаемости в любых условиях
- Пошаговые процедуры тестирования с доступом к данным заводской таблички – быстрое и безопасное выполнение правильных настроек
- Тестирование нескольких единиц оборудования через стандартный пользовательский интерфейс
- Полная автоматическая документация и оценка результатов тестирования – бесперебойная работа и соответствие требованиям
- Эффективное планирование тестирования и составление отчетов.

Технологии нового поколения

Наше решение было специально разработано для удовлетворения растущих требований современных и будущих энергетических систем.

- Разработано и сертифицировано в соответствии с международными стандартами — для глобального применения и максимального качества
- Основано на современных рекомендациях по безопасности и кибербезопасности для максимальной защиты в сетевых инфраструктурах
- Постоянная поддержка и надежное обслуживание — для безопасности инвестиций и эксплуатации на долгие годы
- Идеально разработано для ввода в эксплуатацию подстанций и диагностических испытаний
- Высококачественные компоненты для аппаратного и программного обеспечения, включая идеально спроектированные аксессуары для профессионального использования.



Давайте спросим специалистов о новейшей разработке OMICRON:

Михаэль Рэдлер, менеджер по продукту CPX 200:

– Вы занимаетесь аппаратным обеспечением и аксессуарами CPX 200. Что вас больше всего увлекает во взаимодействии компонентов?

«Меня больше всего увлекает то, как взаимодействие всех компонентов, таких как аппаратное обеспечение, аксессуары и программное обеспечение, сливается воедино, создавая полноценную, гармоничную систему. Одно было для нас ясно с самого начала: если это не будет простым в использовании, это будет неприемлемо. Именно поэтому мы уделили особое внимание бескомпромиссной функциональности. Для нас «Plug and Play» – это больше, чем просто маркетинговое обещание; это принцип, который пронизывает всю систему.

Мы хотели создать понятный язык продукта, который был бы интуитивным, легким для понимания и поддерживал бы повседневный рабочий процесс наших клиентов. Каждый разъем, каждый кабель, каждая ручка для переноски – результат тщательных расчетов, испытаний и многократных обратных связей. Мы знаем, что никому не понравится хромое оборудование с плохими аксессуарами или наоборот».

Лукас Клингеншмид, менеджер по продукту CPXpert:

– Учитывая ваш фокус на программном обеспечении и прошивке, какие преимущества вы видите в новой системе?

«Я считаю, что новая система – это тонко настроенный механизм, состоящий из трех взаимосвязанных частей: программного обеспечения, прошивки и аппаратного обеспечения. Каждая из этих частей сильна сама по себе, но только когда они работают вместе, они создают нечто большее, чем просто сумма своих частей.

Я особенно горжусь масштабируемостью и гибкостью нашего решения. CPXpert практичен и экономит время всем – от инженеров-испытателей на местах до менеджеров по установке в офисе. Мы не просто предоставляем результаты измерений, мы создаем прозрачность, отслеживаемость и эффективность на всех уровнях».

Бавли Фарид, менеджер по продукту CORTEX Grid:

– CORTEX Grid, долгожданное облачное решение, которое объединяет все компоненты, является частью экосистемы CPX 200. Каковы преимущества взаимодействия между CPX 200 и CORTEX Grid?

«Взаимодействие между CPX 200 и CORTEX Grid обеспечивает бесперебойную передачу данных с испытательного участка в облако. Испытательные данные, записанные с помощью CPX 200, немедленно

стандартизируются и объединяются с результатами других испытательных систем OMICRON, таких как CPC 100, TESTRANO 600, CT Analyzer и CIBANO 500, для создания единой и полной записи об активах. Такой комплексный обзор позволяет проводить более глубокий анализ, эффективно составлять отчеты и повышать ценность данных в долгосрочной перспективе на протяжении всего жизненного цикла актива».

– Но CORTEX Grid способен на гораздо большее! Куда ведет его путь?

«CORTEX Grid постоянно развивается: он становится центральной платформой данных, которая поддерживает сравнение парков транспортных средств, расширенную диагностику и стратегии технического обслуживания на основе данных, которые помогают клиентам преобразовывать десятилетия тестовых данных в практические выводы».

Новое начало

По мере того, как первоначальный этап разработки подходит к концу, модульная концепция CPX 200 имеет только одно ограничение: пределы нашего творческого потенциала. Наши многочисленные идеи, некоторые из которых уже находятся в стадии разработки, наше стремление услышать отзывы клиентов, а также наша мотивация и жажда действий – вот что за-

ставляет нас с радостью двигаться вперед. Присоединяйтесь к нам, чтобы с воодушевлением встретить грядущие годы! А пока: «Для тех, кто придает энергии. CPX 200 создан для вас».



OMICRON

О компании

OMICRON — ведущий международный поставщик решений, которые призваны повысить надежность и безопасность энергосистем. Это наша главная цель и задача. Наши новаторские разработки позволяют решать самые актуальные на сегодня проблемы и подготовиться к вызовам, которые принесет завтрашний день. Мы всегда делаем еще больше для наших пользователей: оперативно реагируем на потребности, обеспечиваем высококачественную поддержку на местах и делимся своими знаниями и наработками.

Опытные специалисты OMICRON проводят сложные исследования и разрабатывают инновационные технологии для всех областей электроэнергетики. Пользователи со всего мира полагаются на точность, качество, надежность и быстрдействие наших удобных современных решений, будь то приборы для измерения электрических параметров средне- и высоковольтного оборудования, средства проверки защитных устройств, испытательные системы для высокотехнологичных цифровых подстанций или технологии обеспечения кибербезопасности.

С момента основания в 1984 году компания OMICRON накопила огромный опыт в области электроэнергетики. Команда из более чем 1250 специалистов в 22 офисах по всему миру обеспечивает поддержку наших продуктов в режиме 24/7 для клиентов из более чем 170 стран.

OMICRON electronics GmbH
www.omicronenergy.com

«КРУГ»
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ И
ТЕПЛОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- АСУ ТП котлоагрегатов / турбогенераторов
- АСУ ТП ТЭЦ / ТЭС / ПГУ / ГТУ / ГРП
- Компьютерные тренажерные комплексы

ТЕПЛОСЕТИ

- Система диспетчерского управления теплоснабжающей компании
- АСУ ТП котельных, насосных станций, тепловых пунктов

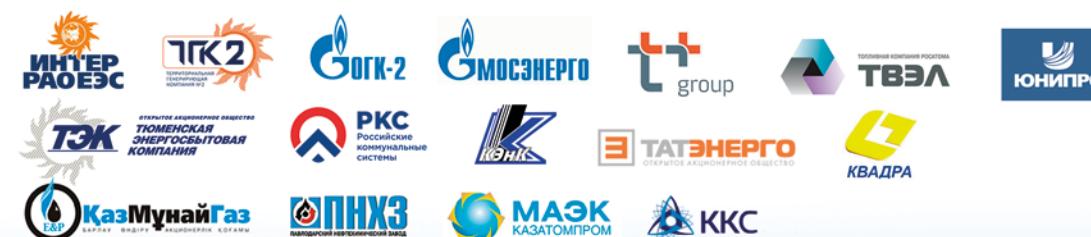
ЭЛЕКТРОСЕТИ

- Система диспетчеризации и учета энергопотребления электросетевой / энергосбытовой компании

УЧЕТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

- АИСКУЭ / АИСТУЭ / Комплексный учет энергоресурсов / Телемеханика

ЗАКАЗЧИКИ



27 лет на рынке
промышленной автоматизации

850+ проектов
автоматизации

450+ проектов автоматизации
объектов энергетики и теплосетей



«КРУГ» НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА
Тел. +7 (8412) 499-775, 499-414
krug@krug2000.ru
Участник Пензенского приборостроительного
кластера «БЕЗОПАСНОСТЬ»

www.krug2000.ru



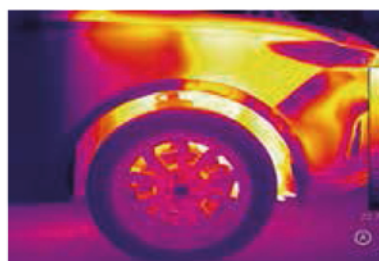
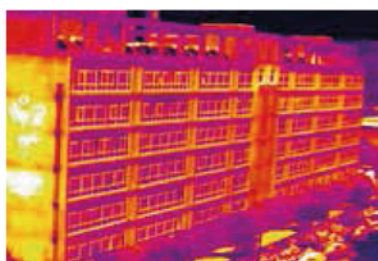
Профессиональные тепловизоры Guide серии PT

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

Реклама



DISTRAN
SWITZERLAND

DISTRAN ULTRA Pro

Портативный УЗ прибор для визуализации коронных разрядов и утечек газа



CRY SOUND
Measure Better Sound

CRY8124 / CRY8125

Портативный УЗ прибор для визуализации коронных разрядов и утечек газа



OFIL
SYSTEMS

UVOLLE SC/VC

УФ камера для детектирования коронных разрядов и электрической дуги

ue
SYSTEMS INC

ULTRAPROBE 15000

УЗ прибор для мониторинга состояния производственного оборудования



Профессиональные тепловизоры Guide



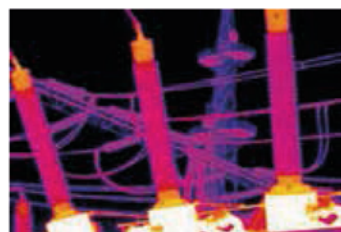
Реклама

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)

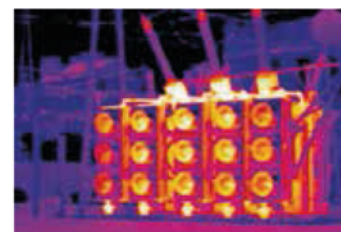
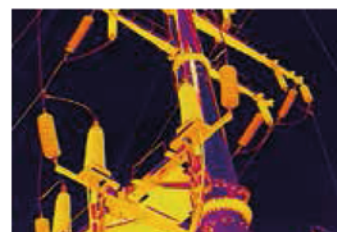


серия Н

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



Микроомметр

MOM2



Система для высоковольтных
испытаний на сверхнизкой частоте

FRIDA



Диагностика
и испытание АКБ

TORKEL 930

ЗА ПОДРОБНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПРИВЕДЕННЫМ НИЖЕ КОНТАКТАМ:





Сайт о приборе
www.binom3.ru

WEB-сервер прибора
www.binom3.com

8 (800) 222 00 72

ВСЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Новый стандарт промышленных приборов учета

РАЗРАБОТАНО
И ПРОИЗВЕДЕНО
В РОССИИ

■ BINOM334i

■ BINOM335/336

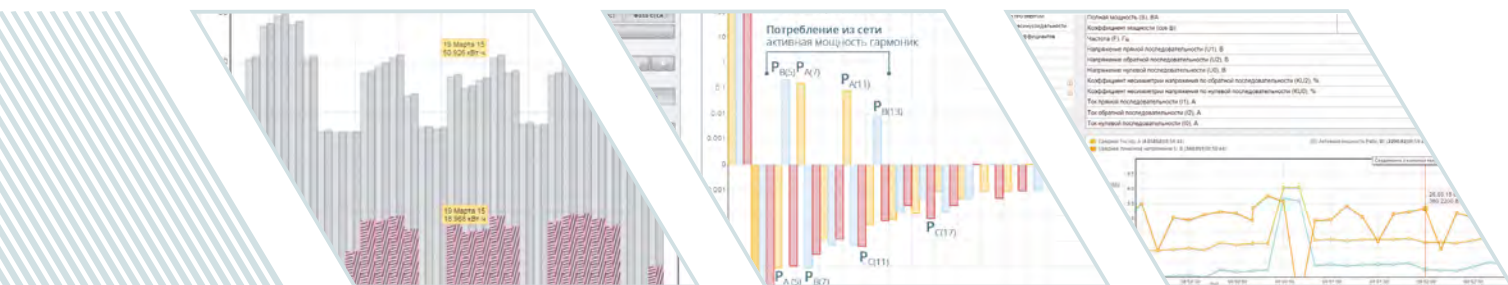
■ BINOM337/338/339



КОММЕРЧЕСКИЙ СЧЕТЧИК
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ИЗМЕРИТЕЛЬ И АНАЛИЗАТОР
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

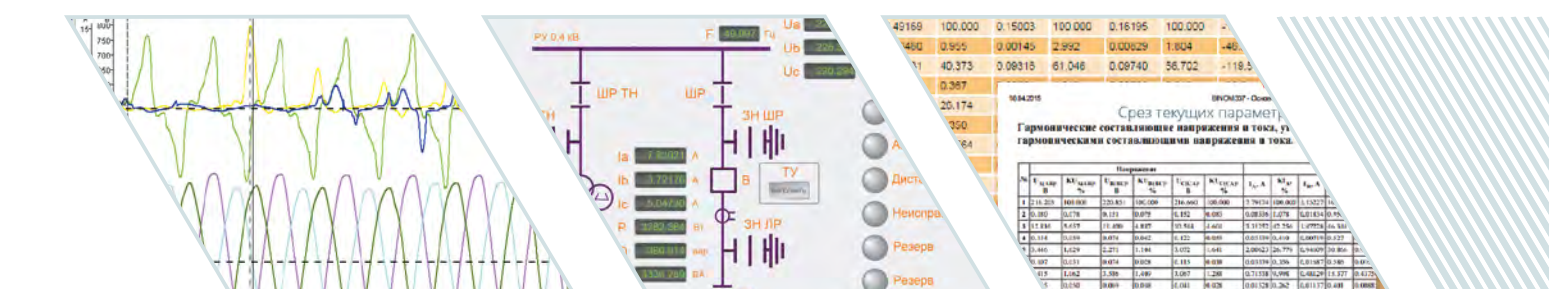
ВЫСОКОТОЧНЫЙ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ



ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ
РЕГИСТРАТОР АВАРИЙНЫХ
СОБЫТИЙ

КОНТРОЛЛЕР
ТЕЛЕМЕХАНИКИ

АСУ ТП ПРИСОЕДИНЕНИЯ
В ОДНОМ ПРИБОРЕ



ПРИБОРЫ & ИНСТРУМЕНТ
TEST
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

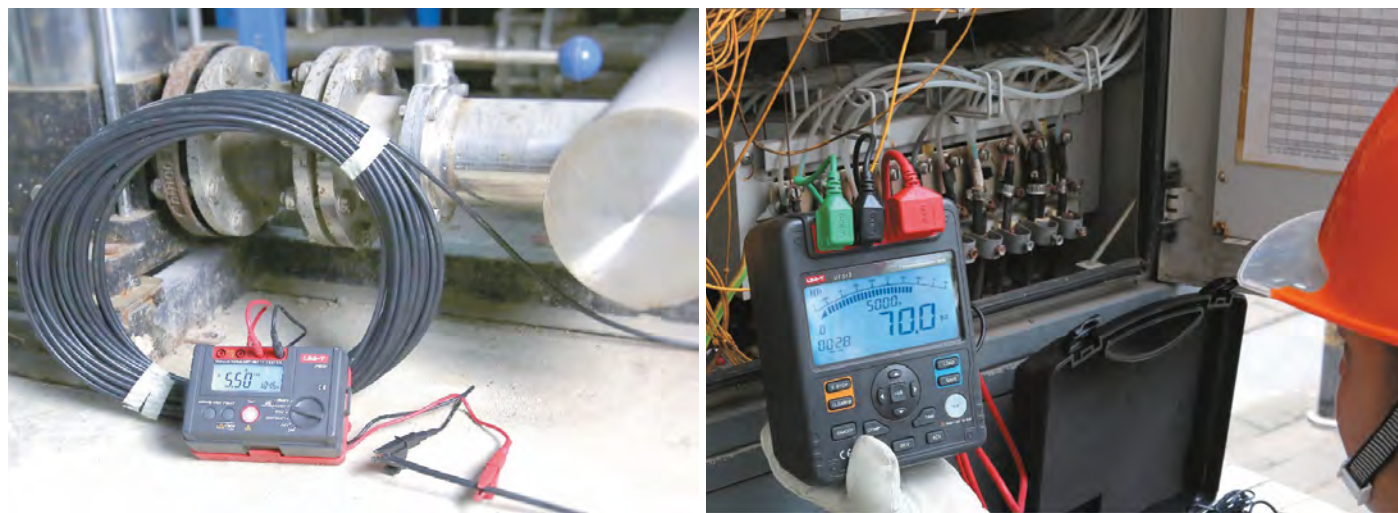


ЗАО «Алгоритм» 195265, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр. д.111, лит. А,
тел.: +7 (812) 448-5900, факс: +7 (812) 596-5801, info@algspb.ru

www.algspb.ru

Цифровые мегаомметры в Казахстане. Нормативы, правила, принцип действия, модели

Сопротивление изоляции любых электроустановок и электрооборудования регламентируется множеством правил и законов, поскольку данный параметр критически важен для безопасности эксплуатации электрических кабелей, трансформаторов, электрических генераторов, электродвигателей и любого электрического оборудования.



Нормативы и правила

Приведем лишь некоторые нормативные акты, где прописана обязательность измерения мегаомметром сопротивления изоляции при монтаже и эксплуатации самого различного электрооборудования в Республике Казахстан.

· **Правила устройства электроустановок.** Утверждены Приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 230. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 29 апреля 2015 года № 10851.

· **Строительные нормы Республики Казахстан.** Утверждены Приказом Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан от 6 ноября 2023 года № 5-НК с 6 ноября 2023 года.

· **Правила пожарной безопасности.** Утверждены Приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 21 февраля 2022 года № 55. Зарегистрирован в Мини-

стерстве юстиции Республики Казахстан 21 февраля 2022 года № 26867.

Все это лишь часть нормативных актов, приведенных здесь для примера. Также, сопротивление изоляции нормируется Республиканскими и Межгосударственными стандартами, ГОСТами, другими отраслевыми стандартами и требованиями производителей электрооборудования, которыми следует руководствоваться при проведении измерительных и испытательных работ.

На законодательном уровне закреплено, что без измерения сопротивления изоляции не должны обходиться ни монтаж, ни ремонт, ни безопасная эксплуатация любого электротехнического оборудования.

Принцип действия мегаомметров

Измерение сопротивления изоляции производится косвенным методом. На исследуемый отключенный от нагрузки кабель подается повышенное постоянное испытательное напряжение. Протекающий через изоляцию ток будет прямо пропорционален сопротивлению изоляции.

Затем прибор вычисляет значение полученного сопротивления изоляции по закону Ома.

Преимущества цифровых мегаомметров перед электромеханическими

Для измерения изоляции ранее применялись мегаомметры с механическим генератором на ручном приводе, что требовало иногда немалых физических усилий, особенно в случае продолжительных измерений. Например, измерение индекса поляризации должно проводиться в течение 10 минут.

Кроме того, наличие механических частей, подверженных износу, снижает надежность прибора в целом.

Современное развитие микроэлектроники сделало возможным устройство внутри приборов электронных источников высокого испытательного напряжения и современные приборы могут развивать тестовое напряжение до 12 киловольт.

Электронные цифровые мегаомметры позволяют измерять сопротивление изоляции в очень широком диапазоне, достигающем до 1000 гигаом.

Точность электронных мегаомметров превосходит электромеханические и относительная погрешность измерений составляет в среднем 3-5 %. Такая точность стала возможной из-за отсутствия механического измерительного блока, стабильности выходного напряжения и цифровой обработки сигнала.

Также, благодаря цифровой обработке данных, некоторые модели снабжены памятью показаний, что облегчает и ускоряет процесс измерений, особенно при попарном тестировании обмоток и многожильных кабелей.

Помимо непосредственно измерения сопротивления изоляции, многие мегаомметры позволяют автоматически измерять коэффициент абсорбции DAR (Dielectric Absorption Ratio) и индекс поляризации PI (Polarization Index). Эти параметры измеряются и вычисляются цифровыми мегаомметрами автоматически, потому что

	UT501A	UT501B	UT502A	UT505A	UT505B	UT511	UT512	UT513A	UT516B
Максимальное тестовое напряжение, кВ	1	1	2,5	1	1	1	2,5	5	12
Предел измерения сопротивления изоляции, ГОм	5	5	20	20	200	10	100	1000	1000
Двойное питание батареи + сеть	-	-	-	-	-	Опция	+	+	+
Индексы DAR и PI	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Реестр СИ РК	+	+	+	+	+	+	+	+	+

практически все модели имеют встроенный таймер и позволяют запускать процесс измерений через определенные интервалы времени, что необходимо при измерении индексов абсорбции и поляризации.

Поставляемые модели мегаомметров

В Казахстан поставляется широкий спектр моделей таких приборов, которые отличаются друг от друга пределом измерений, тестовым напряжением, наличием сетевого питания и другими функциональными удобствами.

Все поставляемые ТОО «Тест

instruments» мегаомметры внесены в
госреестр средств измерений РК.

Для удобства сравнения моделей между собой мы свели основные характеристики поставляемых моделей в таблицу. ▲

Более подробная информация, характеристики и переводы инструкций приведены на интернет портале **PRIBOR.KZ**

Естественно, все эти характеристики соответствуют исключительно оригинальным приборам, поставленным официальным дистрибьютором завода изготовителя UNI-T в Казахстане: ▼



ТОО «Test instruments», г. Алматы,
ул. Розыбакиева, 184, тел +7 727 379 99 55
Заказ оригинальной продукции – только
на портале pribor.kz или zal@pribor.kz





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, г. Алматы, ул. Сапиева, 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.i.zazemlenie@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).

Аварии, которые изменили нормы: как кризисы сформировали современную энергетику

Тимур НУРУМОВ,
главный редактор журнала ENERGY.PRO

Энергетика – одна из немногих отраслей, где прогресс редко бывает линейным. Здесь развитие происходит скачками, и почти всегда эти скачки связаны не с внедрением новых технологий, а с осознанием уязвимостей, которые выявляются в моменты кризиса.

Большая часть современных норм, стандартов и регламентов появилась не «на перспективу», а как реакция на уже произошедшие аварии. Каждая из них ставила под сомнение устоявшиеся представления: о надёжности оборудования, роли персонала, возможностях автоматики и устойчивости энергосистем в целом. История энергетики – это история того, как отрасль шаг за шагом училась понимать собственные уязвимости. Многие правила, которые сегодня воспринимаются как само собой разумеющиеся, появились только потому, что однажды система дала сбой.

Эта статья – о ключевых авариях, которые изменили правила игры. Некоторые из них широко известны, другие остались в профессиональной среде, но все они повлияли на то, как сегодня проектируется, эксплуатируется и управляется энергетика.

Рождение системного мышления

Блэкаут 1965 года в США и Канаде

Когда стало ясно, что система опаснее отдельных отказов

Ключевая проблема заключалась не в отказе оборудования, а в том, что энергосистема не имела механизмов локализации аварии. Отключение одного элемента вызвало каскад перегрузок, которые система не смогла сдержать. До этого момента считалось, что объединённые энергосистемы априори более надёжны, чем локальные. Однако авария показала обратное: взаимосвязь элементов может усиливать не только устойчивость, но и уязвимость.

Последствия для отрасли:

- формирование теории каскадных отказов – впервые системно описан механизм каскадных аварий;
 - появились первые методики расчёта устойчивости больших энергосистем;
 - развитие противоаварийной автоматики;
 - пересмотрены принципы резервирования;
 - появление принципа N-1 как нормативного требования;
 - переход от объектного к системному мышлению.
- Именно после 1965 года энергетика перестала мыслить отдельными объ-

ектами и начала мыслить системами, энергосистемы перестали рассматриваться как сумма элементов – они стали восприниматься как единый живой организм.

Человеческий фактор как инженерная задача Нью-Йорк, 1977 год

Когда техника была готова, а персонал – нет

Блэкаут 13 июля 1977 года в Нью-Йорке стал поворотным моментом в понимании роли персонала. В отличие от аварии 1965 года, техническая часть системы имела шанс выстоять. Однако сочетание неблагоприятных погодных условий, перегруженных инструкций и ошибок операторов привело к полному отключению города.

Авария сопровождалась масштабными социальными последствиями: беспорядками и беспрецедентным материальным экономическим ущербом. Но для энергетики главное было другое – стало очевидно, что оператор не может быть «последней линией защиты», если система не учитывает его ограничения, даже надёжная техника бессильна при неправильных действиях персонала.

Изменения в нормах:

- требования к эргономике диспет-

черских центров, читаемости и логике диспетчерских интерфейсов;

- стандартизация аварийных инструкций;
- регулярные тренировки персонала;
- учёт психофизиологических факторов и моделирование действий человека в стрессовых ситуациях.

С этого момента человек стал рассматриваться как часть системы, а не как внешний элемент. Стало понятно, что человеческий фактор – это не случайность, а управляемая часть системы.

Культура безопасности как новая парадигма Чернобыль, 1986 год

Авария на Чернобыльской АЭС стала событием, которое изменило не только атомную энергетику, но и философию безопасности всей отрасли. Катастрофа показала, что даже формальное соблюдение инструкций не гарантирует безопасности, если в системе:

- игнорируются риски;
- подавляется критическое мышление;
- приоритет отдаётся показателям, а не безопасности.

Ключевые последствия:

- появление понятия культуры безопасности;
- ужесточение требований к подготовке персонала;

- международный контроль и прозрачность;
- отказ от замкнутых национальных подходов;
- системный анализ проектных допущений.

После Чернобыля безопасность перестала быть «дополнительной функцией» – она стала базовым принципом энергетики. И энергетика перестала быть исключительно технической дисциплиной и стала социально ответственной отраслью.

Авария на подстанции «Чагино» Москва, 1998 год.

Авария на подстанции «Чагино» в Москве привела к отключению значительной части юго-востока города. Причиной стал пожар, вызванный дефектами оборудования и недостатками системы защиты.

Этот случай стал знаковым для постсоветского пространства, где многие объекты эксплуатировались на пределе ресурса.

Итоги:

- ужесточение норм пожарной безопасности;
- внедрение систем ранней диагностики;
- пересмотр подходов к модернизации подстанций;
- рост внимания к техническому состоянию вторичных цепей.

Авария показала: износ инфраструктуры – это не экономическая, а системная угроза.

Цифровая эпоха и новые уязвимости Северная Америка, 2003 год

Когда система «ослепла»

Блэкаут 2003 года в США и Канаде стал одним из первых примеров аварии, где ключевую роль сыграли проблемы программного обеспечения и визуализации данных. Операторы просто не видели, что система входит в аварийный режим.

Последствия:

- развитие SCADA нового поколения;
- мониторинг в реальном времени;
- резервирование ИТ-систем;
- рост внимания к кибербезопасности;
- появление интеллектуальных сетей.

Авария показала: цифровизация без контроля создаёт новый класс рисков.

Блэкаут как урок мегаполису 2005 год, Москва

25 мая 2005 года авария на подстанции «Чагино» (уже модернизированной, но перегруженной) привела к масштабному отключению электроэнергии в Москве и Подмосковье.

Изменения:

- новые требования к резервированию питания мегаполисов;
- развитие распределённой генерации;
- приоритет энергоснабжения критической инфраструктуры;
- пересмотр схем электроснабжения крупных городов.

Этот случай показал: город – это отдельный объект энергетического проектирования.

Синхронизация как уязвимость 2006 год, Европа

Плановое отключение ЛЭП над рекой Эмс в Германии привело к разделению европейской энергосистемы на три асинхронные зоны. Авария затронула миллионы потребителей в разных странах.

Итоги:

- ужесточение координации трансграничных операций;
- развитие общеевропейского диспетчерского взаимодействия;
- рост роли ENTSO-E;
- пересмотр подходов к управлению синхронными зонами.

Система оказалась слишком связанной, чтобы ошибки оставались локальными.

Авария на Саяно-Шушенской ГЭС Россия, 2009 год

Авария, унесшая жизни людей и приведшая к длительной остановке станции, стала результатом сочетания износа оборудования, недостаточного контроля и организационных проблем.

Итоги:

- ужесточение требований к мониторингу состояния оборудования;
- развитие вибродиагностики;
- пересмотр подходов к эксплуатации гидроагрегатов;
- усиление контроля за безопасностью ГЭС.

Крупнейший блэкаут в истории 2012 год, Индия

Два дня подряд без электроэнергии остались более 600 миллионов человек. Причиной стало хроническое превы-

шение нагрузок и слабый контроль за межрегиональными перетоками.

Последствия:

- реформирование диспетчерского управления;
 - усиление централизованного контроля;
 - внедрение систем мониторинга нагрузок;
 - пересмотр правил подключения потребителей.
- Этот кейс показал: экономический рост без развития сетей – путь к системным авариям.

Уроки, которые часто забывают Казахстан и СНГ:

В странах СНГ многие аварии не становились международными новостями, но приводили к изменениям:

- обрывы ЛЭП из-за гололёда → новые климатические коэффициенты;
- аварии ТЭЦ в зимний период → усиление требований к резерву топлива;
- выход из строя трансформаторов → развитие онлайн-диагностики;
- отключения в изолированных энергосистемах → пересмотр схем резервирования.

Общие выводы для региона:

1. Наследие советской инфраструктуры требует не латания, а системного переосмысления.

2. Изменение климата стало фактором, который невозможно игнорировать.

Современный этап: учиться до аварии

Сегодня энергетика использует:

- цифровые двойники;
- предиктивную аналитику;
- моделирование редких сценариев;
- сценарное планирование;
- стресс-тесты энергосистем.

Однако история показывает: реальные изменения чаще всего происходят после аварий, а не до них.

Вывод

Каждая крупная авария – это болезненный, но важный шаг вперёд. Энергетика развивается не только за счёт технологий, но и за счёт осознания собственных ограничений. Понимание истории аварий – это не архивный интерес, а часть профессиональной ответственности. Потому что нормы, которые сегодня кажутся формальностью, появились как ответ на реальные кризисы.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ



МФЭС

www.expoelectroseti.ru

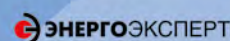
В Москве в период с 02 по 04 декабря 2025 года в Выставочном комплексе «Тимирязев Центр» состоится Международный форум «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ» (МФЭС) – мероприятие, объединяющее тысячи специалистов электроэнергетической и электротехнической отраслей, научных экспертов, представителей органов государственной 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

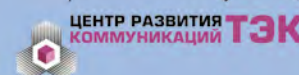
Задачи МФЭС:

- ♦ 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

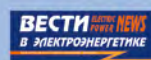
Генеральные информационные партнеры:



Генеральный коммуникационный партнер:



Информационная поддержка:



Организатор:
ЗАО «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»



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

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:

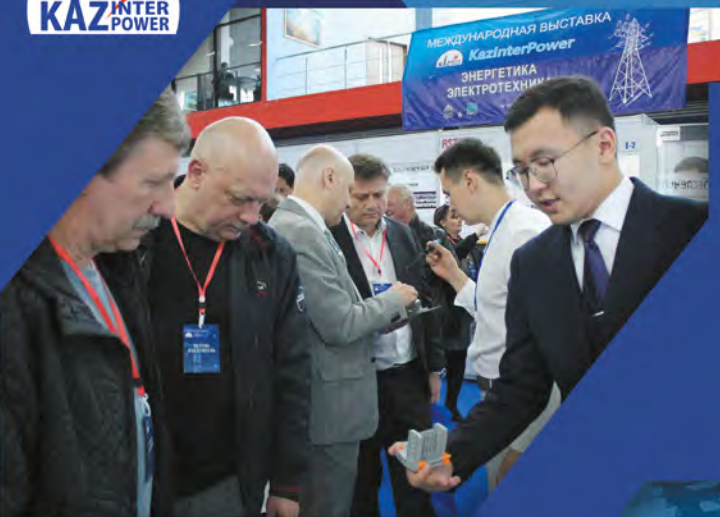


ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



powerexpo.kz
powerexpo_kz
Powerexpokz





KazInterPower 2026

14-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

26-28 МАЯ
г. Павлодар, КАЗАХСТАН



Расширение
географии
бизнеса



Поиск новых
клиентов
и новых контактов



Индивидуальная
проработка приглашений
специалистов предприятий
на B2B встречи

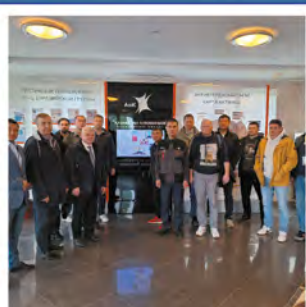


Идеальная площадка
для презентации
вашей продукции
энергетикам
Казахстана

БИЗНЕС-ТУРЫ НА ВЕДУЩИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РЕГИОНА



Аккусский завод ферросплавов,
филиал АО «ТНК Казхром»



АО «Алюминий Казахстана»



Кабельный завод
«Казэнергокабель»



ТОО «УПНК - ПВ»

PowerTech Expo 2026

24-я международная выставка
возобновляемой и альтернативной
энергии и технологий.

28-30 апреля 2026

Алматы, Казахстан
ВЦ «Атакент»



ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО. ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ



Возобновляемая
энергетика



Энергосбережение
и эффективность



Электротранспорт и
зарядная инфраструктура



Декорбанизация

Свяжитесь прямо
сейчас:

WhatsApp:
wa.me/+7 771 205 12 85

Email:
tradefair@industriexpo.com

Отсканируйте QR-код
для быстрой заявки



Организатор:



Поздравительная открытка

ОТРАДНЫХ Михаилу Александровичу

18 ноября 2025 года Михаилу Александровичу исполнилось 90 лет



18 ноября 2025 года исполнилось 90 лет Герою Социалистического Труда, заслуженному энергетик Республики Казахстан и СНГ Отрадному Михаилу Александровичу.

Михаил Александрович после окончания средней школы с. Лужки Соколовского района Северо-Казахстанской области в 1951 году поступил учиться в Талгарскую школу электромехаников. По окончании школы в 1953 году был принят в Алма-Атинскую мехколонну треста «Казэлектросетьстрой» в качестве электромонтёра-электрика, где проработал более 57 лет.

В 1957 году, получив высший квалификационный разряд, возглавил бригаду электромонтажников по строительству линий электропередачи и подстанций напряжением 220 кВ и ниже. Эта бригада – одна из первых в энергетической отрасли Минэнерго СССР. Внедрение в строительство прогрессивных технических решений позволило бригаде с минимальными ресурсными затратами завершить сплошную электрификацию Алма-тинской области.

Поэтому неслучайно Министерство энергетики Казахстана представило Михаила Александровича к высшей государственной награде СССР. Президиум Верховного Совета СССР в 1981 году присвоил ему звание Героя Социалистического Труда. Высшая награда – орден Ленина и медаль «Золотая Звезда» была вручена Михаилу Александровичу членом Политбюро ЦК КПСС, первым секретарём Компартии Казахстана Динмухамедом Ахмедовичем Кунаевым.

Все достижения бригады монтажников стали возможными и благодаря незаурядной работоспособности и фанатичной преданности делу Михаила Александровича.

Михаил Александрович продолжает жить и работать по принципу, который он соблюдает до сего времени, находясь на заслуженной пенсии: «Начальник ты или рабочий – знай своё дело и отвечай за него!».

За высокие заслуги и высокий профессионализм Михаилу Александровичу Отрадному присвоены звания «Заслуженный энергетик РК» и «Заслуженный энергетик СНГ». Он награждён практически всеми отраслевыми наградами Минэнерго СССР и Минэнерго РК.

Уважаемый Михаил Александрович!

**Союз инженеров-энергетиков Республики Казахстан,
Совет ветеранов энергетиков Казахской Электроэнергетической Ассоциации,
коллектив АО «Алматыэлектросетьстрой», коллеги и друзья:
Т. Мусагалиев, К. Дукенбаев, С. Нурпеисов, А. Трофимов, Л. Певзнер,
В. Гарпинич, А. Акинжанов, А. Лайкин, Р. Волков и другие
поздравляют Вас с 90-летием!**

**Отмечаем, что Вы и Ваша бригада монтажников внесли
достойный вклад в реализацию идей Ленинского Плана ГОЭЛРО,
100-летие которого отмечали энергетики СНГ и Казахстана.**

Желаем Вам, уважаемый Михаил Александрович, крепкого здоровья и счастья!

Поздравительная открытка

ГРАФКИНУ Виктору Владимировичу

15 декабря 2025 года Виктору Владимировичу исполнилось 90 лет



Виктор Владимирович Графкин родился в Бурлинском районе п. Бурли Западно-Казахстанской области.

С 1962 года начал свой путь в качестве инженера-электрика совхоза «Логиновский», стал видным специалистом-руководителем энергетической отрасли Западного Казахстана.

Прошёл трудовой путь от дежурного инженера, начальника электроцеха, ОКСа Уральской ТЭЦ до главного инженера городских электрических сетей и главного инженера АО «Западно-Казахстанская РЭК» (2004–2006 гг.).

С 2006 года является советником президента, независимым директором АО «Западно-Казахстанская РЭК».

При его непосредственном участии был сформирован гигантский комплекс электрических сетей Республики Казахстан протяжённостью более 380 тысяч км, а в 1981 году завершена сплошная электрификация Западно-Казахстанской области.

Все эти годы Виктора Владимировича отмечали высокий профессионализм, способность быстро и эффективно использовать свой опыт и знания для решения неотложных задач. Его особо отмечает умение общаться с людьми своего коллектива и предприятий энергетической отрасли, проектировщиками и энергостроителями. Он воспитал ни одно поколение энергетиков, которые сегодня трудятся и работают на благо нашей страны.

С 2006 года по настоящее время Виктор Владимирович продолжает профессиональную деятельность, активно сотрудничает с Советом ветеранов энергетиков, отраслевыми проектными институтами.

За высокие заслуги и высокий профессионализм Виктору Владимировичу присвоено почётные звания «Заслуженный Энергетик СССР» и «Заслуженный Энергетик РК». Он награждён практически всеми отраслевыми наградами Минэнерго СССР и Минэнерго РК.

Уважаемый Виктор Владимирович!

**Союз инженеров-энергетиков РК, Совет ветеранов энергетиков
Казахстанской Электроэнергетической Ассоциации,
АО «Западно-Казахстанская РЭК», коллеги и друзья:
Т. Мусагалиев, С. Нурпеисов, А. Трофимов,
Л. Певзнер, Р. Нуржанова, Г. Андреев и другие
поздравляют Вас с 90-летием!**

**Отмечаем, что Вы и Ваше родное предприятие
электрических сетей Западно-Казахстанской области внесли достойный
вклад в реализацию плана ГОЭЛРО, 100-летие которого отмечали
СНГ и Казахстан в декабре 2020 года.**

Желаем Вам, уважаемый Виктор Владимирович, крепкого здоровья и счастья!

ОТПРАВЛЯЕМСЯ В НОВЫЙ 2026 ГОД!

ЛУЧШИЕ КОРПОРАТИВЫ ВМЕСТЕ С НАМИ!



НОВОГОДНИЕ СЕТЫ (НА 6-8 ПЕРСОН)

СЕТЫ

«НОВОГОДНИЙ СЮРПРИЗ»
«ВЕРНАЯ ЛЮБОВЬ»
«МЯСНОЙ ПИР»
«ФОРТОВАЯ ФОРЕЛЬ»

С НАСТУПАЮЩИМ НОВЫМ ГОДОМ! ЖЕЛАЕМ ВАМ,
ЧТОБЫ У ВАС ДОМА ВСЕГДА БЫЛО УЮТНО И ТЕПЛО,
А ГЛАВНЫМ ИНГРЕДИЕНТОМ ЛЮБОГО БЛЮДА
-БЫЛА ЛЮБОВЬ!

КУЛИНАРИЯ «ВЕРНАЯ» - РАБОТАЕМ КРУГЛОСУТОЧНО



ЖУРНАЛ ENERGY.PRO

Единственное в Казахстане
периодическое печатное
издание по вопросам
промышленной энергетики

ENERGY^{PRO}

№ 3(6)
май
2025

СНАБЖАЙТЕ СВОЙ БИЗНЕС ЭНЕРГИЕЙ

на пути к зеленому
будущему

- Генерация электричества непосредственно на производстве
- Склады и сервис на территории РК
- Общий КПД до 90% в режиме когенерации
- Возможность получать электричество, тепло и холод одновременно
- Быстрая окупаемость проектов
- Работа на всех видах газообразного топлива

Jenbacher is part of the INNO Group

JENBACHER



ENERGY SOLUTIONS.
EVERYWHERE, EVERY TIME.



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

Подписка принимается по подписному
индексу 76246 в каталогах
Казпочты и Евразии-Пресс.

С любого номера и на любой период
можно подписаться через редакцию
запросом на почту 2929576@mail.ru
или WhatsApp +7 707 292 95 76.



◀ Сканируйте для начала чата WhatsApp +7 707 292 95 76
по вопросам подписки и размещения рекламы

г. Алматы,
главпочтамт, а/я 11

+ 7 707 292 95 76
WhatsApp

2929576@mail.ru
www.kazenergy.kz

CPX 200 — дорогу эксперту!

Одно устройство. Бесконечное число возможностей.

«Мы рады представить революционное новшество — экосистему, которая меняет представление о многофункциональном тестировании. Мы расширили границы технологий, чтобы представить вам самое передовое измерительное устройство, доступное сегодня в отрасли. Бесперебойное взаимодействие всех элементов позволяет инженерам-испытателям раскрыть весь свой потенциал, посвящая свое время и опыт основным задачам и ни на что не отвлекаясь. С гордостью представляем устройство CPX 200 и его уникальную экосистему».

Ваша команда разработчиков OMICRON



Для тех, кто придает энергии.
CPX 200 создан для вас.



ЭКРА Казахстан
050059 Алматы | Казахстан
+7 727 972 5112 | info@ekra.kz | www.ekra.kz

ЭКРА научно-производственное предприятие

