**НЕОЭРГАТИЧЕСКАЯ  
(ЧЕЛОВЕКО-МАШИННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОГНИТИВНАЯ) ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА[[1]](#footnote-1)**

Структура будущей элек­троэнергетики включает в себя не только челове­ко-машинный комплекс, но и новое информационное насыщение, пронизывающее все сферы производства, передачи и потребления энергии интел­лектуальными сетями. Интеллект электроэнергетики обеспечи­вается не ее «цифровизацией», а особой ролью человека, который своим когнитивным мышлением придает системе свойства адап­тивности, живучести и самораз­вития.

Современный этап общественно­го и технологического развития настолько сложен и многогранен, что требует для своего понимания пересмотра многих основопола­гающих и даже мировоззренче­ских начал. И прежде всего это касается взаимосвязи энергетики и цивилизации, человека и той социоприродной и социотехнической среды, в которой осуществляется вся его жизнедеятельность. Энер­гетическая цивилизация — это и есть система жизнедеятельности и развития общества на основе эффективного использования ресурсного, технологического и социокультурного потенциала [1]. Как известно, современное произ­водство во многом определяется как «Эргатическая система», т. е. такая схема производства, в кото­рой одним из ключевых элементов является человек. Внедрение со­временных цифровых технологий существенно меняет суть и функциональные возможности таких систем. Именно поэтому их следует определять как «Неоэргатическая система».

Превращая исходный потенциал в энергетические продукты и услуги, энергетика приумножает нацио­нальное (общественное) богатство, которое, в свою очередь, является инновационным ресурсом устой­чивого развития как отдельной страны, так и всего человечества. Развитие цивилизации и энергети­ки — взаимосвязанные процессы. При этом, если в доиндустриальную эпоху энергетическое развитие было направлено на приумножение физических возможностей человека, то индустриальный мир вознес человека на трон, и он возомнил себя царем и природы, и всего на свете. Но гигантизм планов человече­ства разрушает сами основы его социоприродного существования. Новый современный этап развития цивилизации — это не постинду­стриальный мир (без материального развития человечество существо­вать не может), а мир неоиндустриальный (новый индустриально-ин­формационный мир). Долгосрочная эволюция энергетики, как и всей энергетической цивилизации, — это переход от централизации энергопроизводства, которая была необходима в период доминирующе­го развития крупных потребителей, к более распределенной генерации за счет использования местных и нетрадиционных энергоресур­сов, в том числе и ВИЭ. Однако это не альтернативные решения, не замена одного вида энергетики другим, а смена долей различных энергоисточников в многоукладной энергетике. При этом соотношение централизация / децентрализа­ция систем меняется в соответ­ствии с «золотой пропорцией» — от 0,62:0,38 (для концентрированной нагрузки с плотностью более 40 кВт на 1 км2) до обратного соотношения 38:0,62 (для нагрузки с плотностью менее 10 кВт на 1 км2). Дальнейшая эволюция энергетики (и в органи­зационном, и в технологическом плане) пойдет по пути интегрализации (объединения различных видов) как самой энергетики, так и ее интеграции в техносферу и социосферу.

Новая индустриализация основана на органическом слиянии мира машин и мира человека. При этом физическая система энергетики становится энергоинформацион­ной системой, а человек в этой системе — не только потребителем ресурсов, но и их производителем на основе своих интеллектуальных возможностей, сочетая в своей жизнедеятельности различные виды энергии, как физической, так и ментальной. Среди физических видов энергии особое значение приобретает использование элек­трической энергии.

Электрическая энергия обладает тремя уникальными свойствами: универсальностью, удобством и управляемостью.

Именно с электричеством связаны природно-космические, социо-технические и физиологические системы, процессы в которых имеют много общего и подчиняются общим зако­номерностям протекания и транс­формации. Электрофизика, хими­ческая физика и биофизика имеют дело с электрическими сигналами в виде импульсов, которые хоть и отличаются по своим параметрам (частоте, величине, продолжитель­ности и др.), но, по сути являются разновидностями электрических процессов, реализующих имеющийся потенциал и превращающих его в работу и новые энергосодержа­щие продукты, предназначенные для эффективного использования во всех сферах жизнедеятельности. Универсальность электрической энергии состоит в том, что она легко превращается в механиче­ское движение, теплоту, химические и электромагнитные процессы, за­меняя собой другие виды энергии, имеющие более частное примене­ние. Удобство ее применения за­ключается в экологической чистоте, простоте и надежности доставки потребителю, возможности и эффек­тивности применения в различных технологических установках, быту и на транспорте, для освещения, а также в медицинских приборах. По сути дела, поставляя потребите­лю только электрическую энергию (и воду), можно обеспечить все его энергетические потребности.

Поэтому в перспективе до 2050 г. использование электрической энер­гии в мире вырастет в 2,5-3 раза по сравнению с 2015 г., тогда как ис­пользование первичных энергоре­сурсов увеличится лишь на 25-30%.

Электроэнергия потеснит и те­пловые нагреватели, и моторное топливо. Так, доля электроэнергии в бытовом энергопотреблении вырастет с 17% до 25%, тогда как доля тепла снизится с 49% до 40%, а доля моторного топли­ва — с 8% до 5%.

Но еще более значимо не только увеличение традиционного спроса на электроэнергию, но и качествен­ное развитие электроэнергетики, включая использование различных электрофизических, электрохимиче­ских, радиоэлектронных, импульс­ных и высокочастотных приборов и установок, формирующих «новый электрический мир».

Этот мир охватывает не только сферу энергопотребления (быт, промышленность, транспорт и социальную сферу), но и новые источники энергии, новые виды передачи (в том числе «скрытой») энергии, сконцентрированной в электроемких материалах, но­вые энергетические технологии трансформации и преобразования различных видов электрической энергии. Отличительной особенно­стью нового мира является его вы­сокая управляемость, в том числе за счет адаптивной автоматики, саморегулирования и самонастройки, а также интеллектуально­го регулирования.

Приоритетом в промышленности при обработке материалов будут обладать в том числе лазерные уста­новки с высокой организацией на­правленного потока энергии. Обычное металлорежущее оборудование, где стружка составляет до 5% массы обрабатываемого изделия, уступит место различным штамповочным прессам, импульсным установкам, высокоточной электросварке. На­грев заготовок будет осуществлять­ся в высокочастотных печах, так же, как в быту разогрев продуктов и даже само приготовление пищи все больше осуществляются с по­мощью СВЧ-установок. Ярким примером внедрения электричества в промышленный мир является переход от доменного к сталелитей­ному производству. А сегодня на по­вестке дня — производство новых композитных материалов на осно­ве комплексного использования электрических и химических, а за­тем и биохимических технологий. Новые технологии должны не только создавать необходимые материалы и продукты, но и быть практически безотходными, т. е. природоподобными, превращающими так на­зываемые отходы в новые ресурсы для дальнейшего использования. Это и использование золы ТЭЦ, и выбросы СО2 для восполнения изъятых у природы земельных и лес­ных ресурсов, использование воды в прудах-охладителях для рыборазведения, электролиза и топливных элементов для воспроизводства пресной воды.

Энергоэффективность — это не просто энергосбережение, а создание новых энергетических продуктов с большей ценностью. Лампы накаливания уже повсе­местно уступают место светодиод­ному освещению, которое создает больше комфорта дома и на улице. Наше жилище буквально нашпи­говано новыми электрическими приборами и установками: миксе­рами и смесителями, таймерами и видеокамерами, увлажнителями и сплит-системами, работающи­ми как на обогрев, так и в режи­ме кондиционера. Еще в начале 1990-х гг. у нас дома было не более 25-30 различных бытовых электро­установок, тогда как в японской квартире их было боле 300 видов. Сегодня мы уже догнали передовиков в этой сфере. На очереди — интегрирование всех подобных установок в единый электро­бытовой комплекс, управляемый не только по заданной программе, но и работающий в режиме само­настройки.

Даже на московских улицах элек­тричество становится мощным и комфортным средством не только освещения, но и движения транс­порта. Грандиозные световые фейерверки и представления несут красоту в наш мир, а не просто ос­вещают дорогу в темных закоулках. Над проспектами исчезли не толь­ко уродливые рекламные перетяж­ки, но и статичные щиты уступают место световой рекламе. Рекон­струкция главных проспектов сопровождается исчезновением паутины троллейбусных проводов.

В Москве в 2017 г. было закуплено более 350 новых электробусов, которые приходят на смену дизель­ным автобусам и троллейбусам.

Это не только снижает выбросы в атмосферу в центральных райо­нах города, но и создает опреде­ленный комфорт за счет электрифицированного транспорта. Таким образом, массовое внедрение электрифицированного транспорта будет осуществляться не за счет личных электромобилей, хотя и они уже не являются диковинкой на наших улицах, а за счет город­ского общественного транспорта, не требующего развития системы подзарядки (есть электродепо). Электроавтобусы станут средством и междугороднего транспорт­ного сообщения на расстояния 100-150 км так же, как и электрич­ки, но без рельсов и контактных проводов. О массовом внедрении личных электромобилей в нашей стране пока только ведутся актив­ные разговоры, однако правитель­ство Китая в этом году приняло решение с 2025 г. организовать выпуск электромобилей в объеме 25% от всего выпуска легково­го транспорта. Следует учесть, что у них принятые решения, как правило, не остаются на бума­ге, а претворяются в жизнь.

Электрификация коснулась и со­циальной сферы. Школы и детские учреждения, больницы и поликли­ники активно оснащаются раз­личными энергоинформационными установками и медицинскими при­борами, офисы и учреждения стали энергонасыщенными комплексами. Гостиницы повсеместно перехо­дят на электровоздушный обогрев и вентиляцию.

При этом надо отметить, что мно­гие электробытовые приборы уже питаются не от электрических розеток, а имеют собственные источники — батареи и аккуму­ляторы. Во многих странах мира больничные комплексы, банки, требующие особого бесперебой­ного электроснабжения, аэро­порты и центры обработки данных переходят и на резервное, и даже на основное энергоснабжение от мощных накопителей и батарей топливных элементов. «Розеточная технология и розеточная психология» электроснабжения потребителей уступают место автономному питанию. И пусть оно не дешевле традиционного и даже не надежнее, но стремление к самодостаточности и ответственности за энергоснабжение, когда потребитель «не ждет милостей» от энергокомпаний, а сам управ­ляет собственными средствами и источниками, становится все ощутимее и представляет собой особую характеристику «нового электрического мира». Главврач Челябинской областной больницы рассказывал мне, что он строит собственную котельную, не­смотря на то, что городская ТЭЦ находится буквально за забором. Он объясняет свое решение тем, что в сентябре у них начинает­ся пик операций, а энергетики утверждают, что по их канонам еще не наступил час отопительного се­зона. Или, например, в родильном доме Хабаровска во время аварии в электрической системе полно­стью отключилось электричество, тогда как по ПУЭ такие учреждения должны обладать собственным резервным питанием. Известная авария с обесточением аэропорта Домодедово и отсутствием резерв­ных дизель-генераторов дорого обошлась не только авиаторам, но и пассажирам. Но не исключи­тельно чрезвычайные ситуации привели к переходу на самоэнергообеспечение, но и современная социальная психология ориентируется на него. Работники круп­ных энергоснабжающих систем катастрофически быстро теряют потребителей, переходящих на ав­тономные энергоисточники. Децентрализация энергоснабжения, хотя и не является выгодной с эко­номической точки зрения, широко и повсеместно распространяется в России. Особенно это связано с появлением распределенной потребительской нагрузки — ферм и малых предприятий с мелкомо­торными установками, исполь­зующими и традиционные виды топлива (чаще газ), и ВИЭ (солнце и ветер, биогаз и тепловые насосы, малые гидроустановки) и многое другое, что еще не стало массовым явлением, но уже активно исполь­зуется умельцами в собственных интересах.

Возможно, придется пересмотреть и роль ВЛ СВН и УВН в формиро­вании самих энергосистем и их энергообъединений. Всю пирамиду электросетевого комплекса придется перевернуть. Если в ЕЭЭС СССР именно такие передачи были основой всей структуры, и от них развивались распределитель­ные сети, то в системе с активной децентрализацией основу будут составлять именно передачи среднего и низкого класса напря­жения, а сеть высокого напря­жения будет играть роль резерва при объединении региональных систем по межсистемным связям. И основу такого объединения будут создавать не сами электропереда­чи, а их сочетание с системными накопителями электроэнергии для регулирования графиков нагрузки и взаимопомощи резервны­ми мощностями, а также другими видами транспортируемой энергии (водород, сжиженный газ, энерго­емкие металлы и др.) [2].

Системные накопители могут ис­пользовать различные технологии аккумуляции энергии — от механи­ческих и гидравлических до элек­трохимических и сверхпроводящих электромагнитных.

Накопители будут базовым звеном и при интеграции различных ис­точников энергии, поступающих к потребителю от внешней сети, ВИЭ и собственного производства за счет вторичных ресурсов — как на уровне отдельного дома, так и на уровне целого микрорайона и даже города. Такой мегапроект энергоснабжения всех потребите­лей города через общий накопи­тель энергии реализуется сейчас в японском городе Иокогама.

При этом должны быть задейство­ваны «активные» потребители, и не только для возможности их подключения к системе автоматиче­ского ограничения нагрузки (САОН) и другим средствам привлечения резервов потребителей для обеспе­чения жизнестойкости всего энер­гообъединения. Централизованные и децентрализованные системы должны дополнять друг друга, т. е. должна устанавливаться их коллек­тивная ответственность за обеспе­чение надежности энергоснабжения потребителей. И задача специалистов-энергетиков — не препятство­вать этому стремлению, а помочь в создании широкой гаммы новых энергетических установок в сфере генерации и потребления элек­трической энергии для повыше­ния общей энергоэффективности: не только снижения общих затрат, но и получения максимально воз­можного нового эффекта: повы­шения качества жизни, включая надежность и саморегулирование собственного энергетического хозяйства, комфорта и производи­тельности в быту и на производстве, расширения спектра энергетических продуктов и услуг.

Ориентация на потребителя предо­пределяет и возможные технологи­ческие меры пересмотра прежней концепции развития электроэнерге­тики. Сегодня развитие централизованной электроэнергетики базируется на огромном по своим масштабам электросетевом ком­плексе, протяженных линий высоко­го и сверхвысокого напряжения трехфазного переменного тока. Эта система трехфазного переменного тока зародилась во времена Доливо-Добровольского для передачи электрической энергии от центров генерации к центрам потребления. В то же время многие двигатели более эффективно работают на по­стоянном токе. Электрохимические технологии тоже требуют преоб­разования подводимой энергии переменного тока в постоянный. Поэтому вполне возможна поста­новка вопроса о местной генерации электрической энергии на постоян­ном токе. Но это отнюдь не означает, что все электрические системы надо переводить на постоянный ток. Электропередачи постоянного тока обладают мнимым преимуществом над линиями переменного тока. Даже если потери в них и меньше, надежность передач постоянного тока (ППТ) в многоподстанционной системе требует не только дорогостоящего выпрямительно-инвертор­ного оборудования, но и чрезвычай­но сложной автоматики, в которой должна быть сосредоточена ин­формация о близлежащих объектах и всех режимных и технологических параметрах энергообъединения.

В Китае, например, уже столкнулись с проблемами надежности энер­госистем с ППТ за счет сложности многосвязных систем противоаварийной автоматики (ПАА) и послеаварийного управления (ПАУ). Вообще проблема надежности энергоинформационных систем ПАУ становится определяющей. И даль­нейшее развитие так называемых цифровых подстанций и адаптивно­активного управления режимами межсистемных связей требует тщательного и всестороннего ис­следования. Так, на сегодняшний день на каждую системную аварию, вызванную повреждением самих ВЛ и оборудования подстанций, при­ходится до 6-7 аварий, вызванных сбоями в системах автоматики и управления. Поэтому необходим не отказ от дальнейшей автомати­зации электроэнергетики, а переход на новые принципы кибернетиче­ского управления, когда из нена­дежных элементов за счет пра­вильного конструирования можно получить высоконадежную систему. К сожалению, нынешнее увлече­ние простой заменой аналоговых устройств автоматики на их цифро­вые аналоги, без переосмысления требований надежности, приводит лишь к дискредитации цифровой энергетики и никакого отношения к «умной» энергетике не имеет. Ин­теллектуальная энергетика требует не простой смены оборудования, а нового представления о роли и месте человека в этой системе.

Отличительной особенностью «но­вого электрического мира» является особая роль человека как объекта и субъекта своего энергообеспе­чения и своей жизнедеятельности. Он становится не винтиком в си­стеме общественного производства и пассивным элементом внешнего энергоснабжения, оплачивающим из своего кошелька диктуемые ему условия и тарифы, а хозяином сво­его «энергетического дома», само­стоятельно выбирающим решение: быть пассивным потребителем по­ставляемых ему энергетических ус­луг или строить свое энергетическое хозяйство и управлять им по своему усмотрению. То, что автономное энергоснабжение от собственных источников объективно дороже (по некоторым оценкам, примерно на 30%), компенсируется правом самостоятельно принимать реше­ния. И это еще раз говорит о том, что денежные оценки являются важным, но далеко не единственным фактором при принятии решений. Мы пока еще не умеем должным образом оценивать возможные энергетические решения (как инвестиционные, так и текущие расходы), но то, что эти решения принимает человек, исходя из всего комплекса своих представлений о том, что та­кое хорошо, а что такое плохо, уже прочно входит в наш новый мир. Уже в этом проявляется новое ка­чество человека в неоэргатической системе электроэнергетики.

Человек в этом многомашинном, а теперь уже и энергоинформа­ционном мире не только опреде­ляет свое место, как инициатор новых решений и новой структуры энерго- и жизнеобеспечения, но и является особым структурным звеном этой системы. Он заботится не только о том, чтобы ему было удобно управлять этим миром машин и информационных систем. Это — прерогатива обычных систем эргономики, обеспечивающих комфорт диспетчерского места, удобные пульты управления, компактные визуальные мнемо­схемы, психологическую разгрузку оператора и др.

Неоэргатические системы под­разумевают прямое включение человека с его интеллектуальными возможностями непосредственно в технологический и социотехнический процессы функциониро­вания и развития как отдельных энергоустановок, так и всей элек­троэнергетики.

Во-первых, человек как творец и непосредственный исполни­тель — становится актором (гене­ратором идей и распорядителем инвестиционных средств при при­нятии решений о выборе того или иного типа энергетики), исходя из своих собственных предпочтений — подключение к коллектив­ной системе или строительство собственной автономной децен­трализованной энергосистемы.

Во-вторых, он осуществляет форсайтные (прогнозные) проработки в части ожидаемой потребности (как собственной, так и коллектив­ной) в спросе на электроэнергию: ее виды, масштабы концентра­ции и график нагрузки, структура и режимы работы потребительских установок, объемы резерва у само­го потребителя, целесообразность параллельного энергоснабжения от различных источников или использования накопителей-аккумуля­торов, объемы и степень автома­тизации. Этот форсайт (целевое видение) базируется на интел­лектуальном прогнозировании [3], в том числе с помощью нейронных моделей (НМ), которые уже прочно заняли свое место в электроэнерге­тике.

Разумеется, один человек не в со­стоянии выполнить весь этот объем предварительной и проект­ной работы, он будет привлекать специалистов (как мы обращаемся к дизайнерам при выборе вну­треннего и внешнего обустройства собственного дома). Но форму­лировать задачи и принимать конечные решения человек должен сам. При принятии решения чело­век оценивает его с точки зрения экономической целесообразности и надежности, по психологиче­скому видению своего жилища и своего рабочего места.

В-третьих, и это принципиальное нововведение в эргономику, че­ловек в неоэргатических системах не только активно опирается на со­циально-психологические факторы при принятии решений, но и меняет свое амплуа: он, принимая решения, не просто наблюдает за их выпол­нением и организует этот процесс, но и активно участвует в самом про­цессе посредством своих интеллек­туальных возможностей. Передавая часть функции по реализации при­нятых решений профессионалам, а через них — машинам, он остав­ляет за собой не только контроль за потоком информации в процессе функционирования и управления всей системой энергетического жиз­необеспечения, но и осуществляет саму жизнедеятельность как общий физио-психологический и социогуманитарный процесс.

При этом, оставаясь «оператором» своей жизнедеятельности, обе­спечивая свои жизненные функции и потребности за счет внешнего энергообеспечения (теплом, светом и электрической энергией) и вну­тренней биохимической энергии, человек все более активно начи­нает использовать свой интеллект не только для создания интеллек­туальных роботов, управляющих электроэнергетическими система­ми производства и потребления энергии по заданным и адаптивным алгоритмам, но и «творит» элек­трический мир — на основе своих представлений о его надежности и эффективности, экологичности и эстетичности, удобстве своего бытия, а также о счастье для себя и близких.

Казалось бы, применительно к электроэнергетике эти социогуманитарные аспекты далеки не только от осуществления, но даже и от самой постановки. Но мир настолько стремительно разви­вается — и в энерготехнологиче­ском, и в энергоинформационном направлении, что человек в своем стремлении к социогуманитарному развитию энергетической цивилиза­ции мыслит не только текущими, но и перспективными потребностя­ми. Человек не просто старается создать гармоничную среду своего обитания за счет охраны природы (от выбросов энергетического про­изводства — золы и углекислого газа, бытовых отходов и сбросов неочищенной воды в реки и моря), но и встраивает свои энергети­ческие объекты в окружающую среду. Так, во Франции сооружение электрических линий обязатель­но должно проходить дизайнер­скую экспертизу на соответствие ландшафту. Электроэнергетические компании США законодательно и по структуре своих акционеров (среди которых большинство — представители потребителей) активно участвуют в энергосбереже­нии и общей энергоэффективности. Они спонсируют соответствующее производство и продажу энерго­сберегающего оборудования и ин­дивидуальных энергоисточников, в том числе топливных элементов и электрохимических нагревателей для отдельного человека. Бизнес «на вырост» становится все более социально ориентированным, ибо без ориентации на нужды потреби­теля и стремления предложить ему новые энергетические продукты и услуги энергетические компании теряют своего потребителя — он ухо­дит на энергетическое самообе­спечение. Поэтому и структурно энергетический бизнес все больше развивается не как энергоснабжа­ющий и энергообеспечивающий, а как интегрированная энергетиче­ская структура, в которой производ­ство, распределение и потребление энергии системно связаны в одно целое. Кроме того, происходит интеграция электро-, газо-, тепло- и водоснабжения в единую систему энергетического жизнеобеспечения. В этот консорциум все более втяги­вается и электротехническая промышленность, и электротехнический сервис, ибо он нацелен не только на выпуск высоковольтного обору­дования для электрических станций и линий передач, производство накопителей (системных и бытовых), но и на производство электробы­товых, медицинских, энергоинфор­мационных систем для человека «нового электрического мира».

Но меняется роль человека и в самом электрическом мире. Избавляясь от рутинной оператор­ской работы и текущего контроля, передавая все больше функций роботизированным системам диагностики и текущего регули­рования, он своим когнитивным видением становится организато­ром структуры информационных систем управления. Подобно тому, как поэт мыслит образами, человек в неоэргатической системе следит за рисками от деятельности авто­матизированных и роботизирован­ных устройств и систем, принимает решения на основе многофункци­онального представления о на­дежности, живучести, эффектив­ности и устойчивом развитии энергоинформационных систем. В своей деятельности человек все больше опирается не на преодо­ление текущих проблем, а на их предотвращение. Его когнитивное мышление нацелено на обобщение и развитие, а не на устранение текущих сбоев в человеко-машин­ной системе. Монотонный даже высококвалифицированный труд в конвейерных человеко-машин­ных системах неизбежно уходит в прошлое. Неоэргатическая электроэнергетика — это не только интеллектуальная работа в си­стеме, но и формирование нового когнитивного мышления, новых идей, нового образного видения настоящего и будущего, новых социально-психологических ощу­щений своей значимости (ответ­ственности и возможностей) в этом нарождающемся электрическом мире, саморазвитие интеллекта и творческой личности.

**ЛИТЕРАТУРА**

*1. Кризис 2010-х годов и новая энергетиче­ская цивилизация / Под ред. В.В. Бушуева и М.Н. Муханова. М: ИД «Энергия», 2012.*

*2. Инновационная электроэнергетика / Под ред. В.М. Батенина, В.В. Бушуева, Н.И. Воропая. И: ИЦ «Энергия», 2017.*

*3. Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н. Интеллектуаль­ное прогнозирование. М: ИД «Энергия», 2016.*

1. Журнал «Энергия единой сети», №6(35), ДЕКАБРЬ 2017-ЯНВАРЬ 2018, С. 74-82 [↑](#footnote-ref-1)