

Концептуальная модель организации российского инжиниринга в энергетике

М.В. КОЖЕВНИКОВ, кандидат экономических наук

E-mail: m.v.kozhevnikov@urfu.ru, np.fre@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4463-5625

А.А. ДВИНЯНИНОВ. E-mail: aadvinianinov@urfu.ru, dvinayninov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9852-1861

Уральский федеральный университет имени Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

Аннотация. Новизна задач, возникающих в энергетике, увеличение сложности и неопределенности условий реализации крупных энергетических проектов, рост требований к их научно-технической поддержке актуализируют проблему организации инжиниринга как наукоемкой мультидисциплинарной деятельности. В статье систематизированы основные теоретические представления об энергетическом инжиниринге, проанализированы современное состояние и ключевые проблемы инжинирингового рынка в России, предложена концептуальная модель организации инжиниринга, нацеленная на активизацию конкуренции и усиление взаимодействия инжиниринговых компаний с поставщиками новых технических решений и сервисов. Результаты исследования могут представлять интерес для регулирующих органов и профильных ведомств при формировании стратегических инициатив по развитию электроэнергетики РФ и ее сервисного контура.

Ключевые слова: инжиниринг; реинжиниринг; цифровизация; строительный инжиниринг; энергетический инжиниринг; концептуальная модель; энергопереход; жизненный цикл проекта

Введение

Под инжинирингом понимают оказание услуг предпроектного, проектного и постпроектного характера при создании объектов промышленности и инфраструктуры, а также разработку рекомендаций для предприятий по увеличению эффективности эксплуатации, управления и реализации выпускаемой продукции¹.

В энергетике инжиниринговым (или проектно-инжиниринговым) организациям всегда отводилась особая роль как обладателям уникальных компетенций в части детальной проработки и управления реализацией сложных капиталоемких проектов, требующих участия десятков, а порой сотен подрядчиков

¹ Сухарев А. Я. Большой юридический словарь. М.: ИНФРА-М, 2003. 858 с.

(как, например, при строительстве крупных атомных или гидроэлектростанций). Предполагается, что их специалисты не только досконально разбираются в технологических и организационных нюансах строительства создаваемых систем, но и имеют представление о современных трендах и последних научно-технических достижениях, которые должны быть учтены уже на ранних этапах их жизненного цикла. Неслучайно из всех отраслей народного хозяйства именно электроэнергетика является основным заказчиком инжиниринговых услуг, занимая, по разным оценкам, от 30 до 50% доли отечественного рынка промышленного инжиниринга [Чернова, Кибкало, 2013; Высокотехнологичный..., 2014; Медяник, 2017].

Сегодня перед энергетическим инжинирингом возникают вызовы, обусловленные структурной диверсификацией российской энергетики под воздействием Промышленной революции 4.0 и нового этапа электрификации [Цифровой переход..., 2017; Gitelman, Kozhevnikov, 2020]. Новая парадигма развития отрасли характеризуется сочетанием централизованных (системных) и децентрализованных решений (распределенной генерации, систем накопления и аккумулирования электроэнергии) [Рынок систем накопления..., 2018], появлением «активных потребителей», существенно влияющих на спрос [Dzyuba, Solovyeva, 2020], цифровизацией и интеллектуализацией энергетического производства [Макаров А. Ю., Макаров А. А., 2021], декарбонизацией отрасли [Kiselev et al., 2019].

В этой связи главными задачами инжиниринга в энергетике становятся синхронизация крайне разнородных, противоречивых организационно-технических решений, в отношении которых опыт применения или недостаточен, или полностью отсутствует, а также минимизация потенциальных рисков, которые в стратегической отрасли могут привести к катастрофическим последствиям [Kozhevnikov et al., 2017].

Целью исследования является разработка концептуальной модели организации отечественного инжиниринга в энергетике, учитывающей указанные вызовы, и обоснование, что такого рода модель не может быть рассмотрена в отрыве, во-первых, от фундаментальной и прикладной науки, выполняющей функцию исследований и разработок (R&D) и генерирующей на их основе новые знания, во-вторых от организаций, обеспечивающих активный трансфер технологий и опыта эксплуатации передового

оборудования и периферийных систем – IT-компаний, энергетического машиностроения, энергосервиса, консалтинга.

Подчеркнем, что проблематика статьи является весьма непубличной. В открытых источниках почти не встречается актуальных статистических данных для полноценного анализа отрасли. Дефицит представляют и научные публикации, посвященные непосредственно энергетическому инжинирингу. В связи с этим в ходе исследования, в особенности на этапе выявления ключевых проблем инжинирингового рынка, авторы использовали метод интервью с экспертами из энергетики, инжиниринга, сферы технического обслуживания и ремонта оборудования, который позволил выявить ряд скрытых барьеров развития рынка, практически не освещаемых в литературе.

Уточнение терминологии

«Законодателем» современного инжиниринга является американское общество инженеров-строителей (ASCE), которое выделяет восемь видов инжиниринговых услуг в соответствии с этапами жизненного цикла проекта²: прямые индивидуальные услуги, предварительные технико-экономические исследования, сценарное планирование работ, оценки и расчеты затрат, финансовые консультации, управление строительством, инспектирование оборудования и материалов, эксплуатационные услуги.

В свою очередь Европейская экономическая комиссия (ЕЭК) определяет инжиниринг как особую деятельность, связанную со строительством и эксплуатацией предприятий и объектов инфраструктуры, совокупность научных, проектных и практических работ и услуг, относящихся к инженерно-технической области и необходимых для возведения объекта и содействия его эксплуатации [Осика, 2010].

На основании классификаций ЕЭК и ASCE представляется возможным выделить четыре основные формы инжинирингового бизнеса: строительный, технологический (эксплуатационный), консультационный и комплексный.

Под *строительным инжинирингом* мы понимаем создание модели промышленного объекта и управление процессом ее

² American Society of Civil Engineers. Manual 45. Chapter 2 // Classification of Engineering Services. 2003. P. 9–17.

воплощения – от инвестиционного замысла до ввода в эксплуатацию и подтверждения соответствия фактических параметров применяемых технологий расчетным характеристикам. В России и за рубежом имеются некоторые отличия в названиях, объемах и документальном оформлении этапов строительного инжиниринга, в основном на инвестиционном этапе проекта (табл. 1).

Таблица 1. Этапы и результаты строительного инжиниринга в мире и в России

Международная практика	Отечественная практика
Предынвестиционный этап	
Анализ экономической целесообразности: – управленческое консультирование; – предварительный инжиниринг; – доклад о технико-экономической специфике будущего проекта; – подготовка конкурсной документации для ЕРС/ЕРСМ контракта	Разработка инвестиционного замысла: – декларации о намерениях и общей концепции; – технико-коммерческое предложение и обоснование инвестиций; – предварительное технико-экономическое обоснование (ТЭО); – техническое задание на проектирование и/или разработку технологических линий
Инвестиционный этап	
1. Базовый и детальный инжиниринг 2. Осуществление функций технического агента и надзор за строительством 3. Участие в приемке оборудования и сдаче объекта в эксплуатацию	1. Разработка ТЭО и рабочей документации 2. Осуществление авторского надзора 3. Оперативное проектирование

Источник. Составлено авторами по исследованиям [Медяник, Хафизов, 2020; Мухаррамова, 2016; Осика, 2010], Classification of Engineering Services by ASCE. Manual 45. Chapter 2 // 2003.

Отметим, что в энергетике в рамках подготовки предварительного ТЭО, как правило, также производится оценка соответствия объекта технологическим правилам его функционирования в ЕЭС и нормативным правилам оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности, а в отношении объектов тепловой генерации – еще и рынка тепловой энергии.

Конкретизируем упомянутые в таблице 1 аббревиатуры ЕРС и ЕРСМ, обозначающие различные схемы контрактных отношений. ЕРС-контракт используется в тех проектах, где опытный подрядчик выполняет полный цикл работ своими силами за конкретное вознаграждение и может с достаточной степенью точности оценить размер своих расходов и рисков.

ЕПСМ-контракт – это договор с намного большим уровнем возможных юридических последствий³.

В трактовке термина существуют разночтения: в различных практиках буква «М» может обозначать Maintenance (то есть «обслуживание объекта») или Management с привязкой к деятельности по интегрированному управлению проектом, что превращает ЕПСМ в модель с более широким охватом деятельности по сравнению с ЕРС.

Именно ЕПСМ-контракты – наиболее распространенная форма инжиниринга в энергетике. Их основными характеристиками являются следующие:

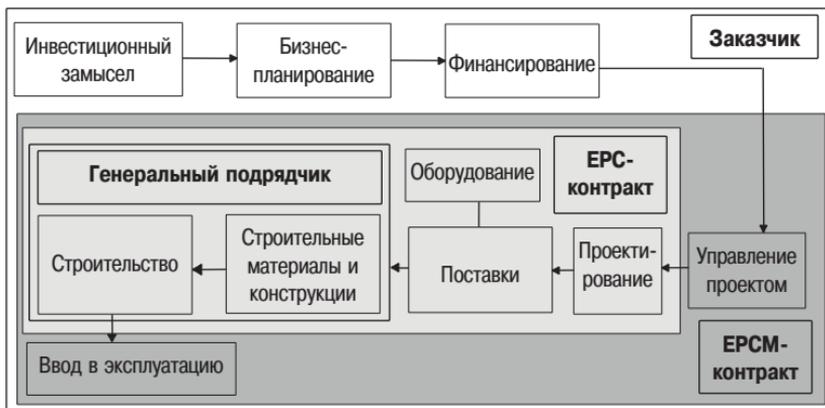
- контракт предполагает четкий срок сдачи объекта в эксплуатацию, при этом размер ответственности подрядчика ограничен полной или частичной суммой его собственного вознаграждения;
- подрядчик проводит строительные и закупочные работы, подбор и трудоустройство персонала, осуществляет управление подрядными фирмами, то есть управляет проектом от стадии дизайна до сдачи готового объекта заказчику;
- подрядчик управляет именно проектом, а не отдельными видами работ, для специфических работ нанимаются субподрядные организации. При этом заказчик имеет полномочия по одобрению или отклонению субподрядчиков, осуществлению контроля их действий, предъявлению к ним конкретных требований по качеству работ на различных этапах жизненного цикла проекта.

Схематично различия между ЕРС и ЕПСМ-контрактами приведены на рисунке 1.

Технологический (эксплуатационный) инжиниринг – это целенаправленная коррекция объекта (системы) в период эксплуатации согласно изменяющимся требованиям и условиям его работы. В частности, организация повседневной работы эксплуатационного персонала электростанций и электросетей, имеющего дело как с конкретным оборудованием, зданиями и сооружениями, производственными циклами, так и с их функциональными моделями, с помощью которых оцениваются эффективность технологических процессов и состояние объектов.

³ Европейская школа инжиниринга. Контрактинг ЕРС и ЕПСМ: пропасть различий. Ч. 1. [Эл. ресурс] // Control Engineering Россия. 2019. № 3. С. 1–7. URL: https://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_Web_EPCM_01.pdf.

Примером эксплуатационного инжиниринга в энергетике может служить деятельность фирмы ОРГРЭС, которая в советское время специализировалась на совершенствовании организации и технологии эксплуатации генерирующих и сетевых объектов.



Источник. Разработано авторами на основе исследования: Европейская школа инжиниринга. Контрактинг EPC и EPCM: пропасть различий. Ч. 1. [Эл. ресурс] // Control Engineering Россия. 2019. № 3. С. 1–7. URL: https://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_Web_EPCM_01.pdf.

Рис. 1. Этапы инжинирингового проекта в различных формах контрактинга

Консультационный инжиниринг предполагает прогнозирование рисков на различных стадиях жизненного цикла проекта, разработку рекомендаций относительно его концепции, финансово-инвестиционных сценариев строительства (модернизации, реконструкции) и повышения технико-экономической эффективности объекта. В рамках данного инжиниринга выделяют инженерно-консультационные услуги, связанные с технической экспертизой проекта, а также управленческие и инженерно-исследовательские – в сфере трансфера и внедрения инновационных технологий, разработки патентов, подготовки кадров. В российской практике к этому типу инжиниринга часто относят также услуги по осуществлению авторского надзора за реализацией проектных решений.

Следует обозначить разницу между понятиями «консультационный инжиниринг» и «энергетический консалтинг». Первый термин употребляется в контексте именно инжиниринговой деятельности и подразумевает интеллектуальное

сопровождение проекта в рамках его жизненного цикла. Границы второго понятия намного шире. Энергетический консалтинг предполагает реализацию широкого спектра консультационных сервисов по вопросам функционирования предприятий, энергосистем и отрасли в целом. Заказчиками энергетического консалтинга могут являться отраслевые органы государственного регулирования, компании, оперирующие на рынках мощности (ОРЭМ) и системных услуг, промышленные предприятия, совершенствующие свой энергоменеджмент, регионы, внедряющие программы управления спросом на энергию или другие технологические инновации [Gitelman et al., 2020; Гительман, Кожевников, 2017].

Комплексный инжиниринг агрегирует разные виды инжиниринговой деятельности и предполагает реализацию проекта «под ключ». Он охватывает работы по всему жизненному циклу проекта: разработку концепции, проектирование, подготовку планов строительства, включая стадию ТЭО, предоставление заказчику технологической информации, необходимой для строительства объекта и его последующей эксплуатации (включая трансфер производственного опыта, знаний и технологий и патентование), организацию проектного финансирования, поставку оборудования, строительные-монтажные и пусконаладочные работы.

Кроме названных основных типов инжиниринга, востребованных в энергетике, считаем необходимым выделить еще *экологический инжиниринг*, которому в последние годы мировая общественность уделяет все более пристальное внимание. Его предметом является моделирование природоохранных мероприятий, формулирование экологических требований к проектной документации и контроль их воплощения при возведении объектов. Экологический инжиниринг позволяет реализовать идею устойчивого развития промышленности и энергетики за счет одновременного сокращения вредного воздействия на окружающую среду и повышения технико-экономической эффективности производственных процессов [Кожевников, Двинянинов, 2020].

Следует также отметить, что в России на волне импортозамещения в энергетике стал набирать популярность так называемый *реверс-инжиниринг* (реинжиниринг, обратный, или зеркальный инжиниринг, обратная разработка) деталей и узлов зарубежных энергетических установок, который должен

способствовать уменьшению роли зарубежных производителей при материальном обеспечении техобслуживания и ремонта. Практика реверс-инжиниринга означает исследование готового изделия (в том числе с помощью современных средств цифрового анализа и аддитивных технологий) и документации на него с целью понять принцип его работы, осуществить изменение или создать устройство, оборудование с аналогичными функциями без стремления к 100%-му воспроизводству аналога [Shabani, Dukovski, 2018]. Данный сегмент инжиниринга в нашей стране находится на самой начальной стадии развития и пока, к сожалению, сводится к попыткам обычного копирования ряда образцов зарубежной техники, причем скорее в целях повысить имидж российской промышленности, нежели активизировать научно-исследовательскую компоненту в высокотехнологичных отраслях.

Современное состояние и проблемы российского рынка энергетического инжиниринга

Совокупный рынок инжиниринговых услуг в сфере отечественной электроэнергетики, по экспертной оценке, составляет 100–120 млрд руб. [Неуймин, 2018]. Его крупнейшими игроками являются инжиниринговый дивизион Госкорпорации «Росатом» (представленный в первую очередь ЗАО «Атомстройэкспорт»), АО «ССИ Инжиниринг», ОАО «ВТИ», ООО «ГК “Сибирьэнергоинжиниринг”», ООО «ИК “Технопромэкспорт”», ООО «Кварц – Новые Технологии», АО Фирма «ТЭПИНЖЕНИРИНГ», ООО «Велесстрой»⁴. До недавнего времени заметными участниками рынка были ОАО «Группа Е4», холдинг «Союз» и ОАО «Энергостройинвест-Холдинг», включавший ряд крупных региональных инжиниринговых компаний (например, ОАО «Инженерный центр энергетики Урала»). К сожалению, эти компании, обладавшие относительно высокой степенью организационно-экономической независимости, прошли через процедуры банкротства и были ликвидированы.

В отличие от США, где крупные компании занимают только 5% рынка энергетического инжиниринга, считающегося наиболее

⁴ Инжиниринг в электроэнергетике РФ. Тенденции 2014. Прогноз до 2020 г. [Эл. ресурс]. URL: <https://infoline.spb.ru/upload/iblock/41a/41a38af90d84afa961a58456bd586597.pdf>; собственный анализ авторов.

развитым в мире, в России преобладают именно крупные фирмы, зачастую аффилированные с государственными структурами (как правило, косвенно, через энергокомпании или диверсифицированные холдинги наподобие ГК «Ростех»). Их доля составляет до 40% от всего объема рынка [Мантуров, 2013]. Объяснить это можно тем, что большое количество заказов в российском энергетическом инжиниринге связано с модернизацией и новым строительством станций оптового рынка, то есть по существу – с весьма масштабными капиталоемкими проектами федерального значения. Малым и средним организациям в основном приходится работать в низкобюджетных проектах (за исключением компаний, обладающих узкоспециализированными компетенциями, например, в области автоматизированных систем управления, цифровизации активов, систем обеспечения экологической безопасности), зачастую испытывая недостаток собственных средств или заемного капитала [Романовская и др., 2021].

Принимая во внимание целевые ориентиры Минэнерго по вводу 67 ГВт мощностей до 2035 г., заложенные в Энергетической стратегии России⁵ и в целом не противоречащие недавно утвержденной Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года⁶ (по крайней мере, на начальном этапе), а также учитывая стоимость 1 МВт установленной мощности современной электростанции (около 40 млн руб.), можно предположить, что рынок инжиниринговых услуг в секторе генерации в течение 15–20 лет вырастет в стоимостном выражении примерно до 2620 млрд руб. (в ценах 2020 г.). В ближайшей перспективе рост рынка будет осуществляться за счет действующих сегодня крупных компаний: анализ текущей структуры установленной мощности в РФ (рис. 2) в совокупности с имеющимися экспертными мнениями и прогнозами^{7,8}, позволяют сделать вывод о существенном

⁵ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Эл. ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

⁶ Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-п [Эл. ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111010022>

⁷ Министерство энергетики России. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года. [Эл. ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/6366>

⁸ Аналитический центр при правительстве Российской Федерации. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года (редакция 2014 года). [Эл. ресурс]. URL: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/2194.pdf>

приоритете традиционных источников генерации (ТЭС, ГЭС, АЭС) над возобновляемыми, причем этот тренд имеет весьма устойчивый характер.

Таблица 2. Структура установленной мощности ЕЭС России с 01.01.2015 г. по 01.01.2021 г., %

Вид электростанции	2014	2017	2019	2020
Тепловые (ТЭС)	68,20	67,88	66,82	66,56
Гидроэлектростанции (ГЭС)	20,50	20,20	20,24	20,35
Атомные (АЭС)	11,30	11,64	12,31	11,97
Солнечные (СЭС)	0,00	0,22	0,55	0,70
Ветряные (ВЭС)	0,00	0,06	0,08	0,42

Источник. Составлено авторами на основе данных АО «Системный оператор Единой энергетической системы». [Эл. ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups2021/>

У этого тренда есть вполне объективное обоснование. По данным Системного оператора ЕЭС, в 2020 г. доля установленной мощности ТЭС составляла около 67%, а доля выработки ими электрической энергии – 59%⁹. При этом долю электрической энергии, выработанной в теплофикационном режиме, можно оценить не менее чем в 40%. Таким образом, инвестиционные процессы в российской электроэнергетике *пока что не могут рассматриваться в отрыве от сферы теплоснабжения*, поскольку тепловые станции, в том числе ТЭЦ, не могут быть заменены на источники децентрализованного типа, использующие ВИЭ, без принятия существенных рисков нарушения надежности теплоснабжения.

В связи с отсутствием данных об объемах услуг инжиниринговых компаний, определить характер конкуренции на рынке известными методами (например, с помощью индекса рыночной концентрации) не представляется возможным. Тем не менее авторы склонны предполагать, что современный рынок инжиниринга в РФ представляет собой олигополию, поскольку практически в каждом сегменте энергетики (атомная, гидроэнергетика, тепловая генерация, электрические сети) есть 2–3 инжиниринговые

⁹ Отчет о функционировании ЕЭС России в 2020 году [Эл. ресурс]. URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_rep2020.pdf

компаний, занимающие в совокупности подавляющую долю; кроме того, на рынке существуют высокие барьеры входа, обусловленные необходимостью наличия уникальных компетенций, соответствующих стадиям жизненного цикла комплексного инжинирингового проекта.

К ключевым проблемам российского рынка энергетического инжиниринга можно отнести следующие.

1. Общая неопределенность в отношении инвестиционных программ развития энергетики, вызванная комплексом факторов: невозможностью четко идентифицировать направления развития промышленности, в особенности энергоемкой; неудовлетворительным состоянием методического обеспечения в части долгосрочного прогнозирования спроса на электроэнергию [Кононов, 2015]; снижением объема частных инвестиций в отрасли [Кривошапка, 2020]; неясными приоритетами программы ДПМ-2¹⁰, в которой пока не удастся найти компромисс между минимизацией затрат для потребителей за счет консервации ТЭС, обладающих высоким техническим уровнем (КИУМ), и глубокой модернизацией отрасли за счет чрезвычайно дорогостоящих проектов с относительно низкой технико-экономической эффективностью.

Острая проблема возникает в части развития угольной генерации, которая практически в полном объеме участвует в теплоснабжении. Известно, что в соответствии с целевыми ориентирами глобального энергетического перехода большинство стран мира планируют полностью отказаться от угля к 2050 г. (за исключением стран АТР)¹¹. Для России столь радикальная мера во многих случаях нецелесообразна [Синицын и др., 2020; Хохлов, Мельников, 2019], а в некоторых регионах попросту невозможна из-за дефицита газа (в особенности во второй ценовой зоне ОРЭМ) и тарифных ограничений.

¹⁰ ДПМ – программа договоров о предоставлении мощности со встроенным механизмом компенсации инвестиционных затрат за счет потребительских тарифов. На первом этапе (ДПМ-1) упор был сделан на ввод новых «традиционных» мощностей (ТЭС и ТЭЦ), на втором (ДПМ-2) – в большей степени на станции, работающие на возобновляемых источниках энергии.

¹¹ The Energy Transition: Key challenges for incumbent and new players in the global energy system. The Oxford Institute for Energy Studies, 2021 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/09/Energy-Transition-Key-challenges-for-incumbent-players-in-the-global-energy-system-ET01.pdf>

Тем не менее в связи с глобальным трендом на декарбонизацию встает вопрос дальнейшей судьбы угольных энергоблоков: во-первых, в части поддержания в работоспособном состоянии существующего парка за счет продления ресурса на основе модернизации с применением передовых экотехнологий (глубокой очистки угля и дымовых газов, улавливания и хранения CO_2 , совместного сжигания угля и биомассы, повышения эффективности использования топлива и т.д.); во-вторых, развития собственных компетенций в строительстве современных пылеугольных энергоблоков с ультрасверхкритическими параметрами, которые сегодня в России отсутствуют. Конечно, возможен и трансфер перечисленных технологий от зарубежных производителей, но их спектр довольно узок в связи с известными геополитическими причинами.

2. *Дисбаланс мощностей субподрядных организаций*, возникающий вследствие дефицита узкоспециализированных инженеринговых компетенций, а также стремления значительного количества игроков к участию только в крупных инфраструктурных проектах.

3. *Господство внеэкономических способов закупки* наиболее привлекательных инженеринговых услуг среди мощных государственных и экологосударственных компаний-заказчиков («ИНТЕР РАО ЕЭС», «Росатом», «Русгидро», «СУЭК» и др.). При этом возникают вопросы обеспеченности рынка игроками, способными реализовать проекты «под ключ» по адекватным ценам (то есть не завышенным вследствие аффилированности с различными субъектами энергорынка, имеющими недобросовестные коммерческие интересы) [Матюшок, Жуков, 2014; Александров, 2017].

4. *Рост стоимости работ за счет привлечения кредитных средств* и страхования выполняемых работ по проекту. Так, при заключении договора комплексного инженеринга заказчик в целях минимизации рисков нередко вводит в него условия по предоставлению банковских гарантий (например, на возврат авансовых платежей), серьезные штрафные санкции за срыв сроков сдачи объекта. Кроме того, многие инженеринговые компании испытывают дефицит оборотных средств, что вынуждает их обращаться к проектному финансированию с участием

банков. Это приводит к возникновению дополнительных издержек и увеличению стоимости работ.

5. *Нехватка и/или высокая стоимость основного энергетического оборудования.* Несмотря на все минусы плановой экономики, 30–40 лет назад советские заводы-изготовители не только обеспечивали 99% внутреннего спроса на энергомашиностроение, но и вполне успешно экспортировали продукцию (например, на рынки Восточной Европы)¹². Сегодня только 30–35% используемого в электроэнергетике нового оборудования производится на отечественных предприятиях, 65–70% изготавливается за рубежом либо по весьма дорогостоящим лицензиям зарубежных заводов. В условиях санкционного режима ситуация осложняется, во-первых, сужением круга поставщиков, во-вторых, значительным удорожанием импортного оборудования ввиду сложных схем его доставки, в-третьих, резко возросшей волатильностью валютных курсов. При этом цена оборудования в ряде инжиниринговых проектов может достигать 75% в структуре себестоимости работ [Соколов, 2009]. Кроме того, инжиниринговые компании не имеют возможности влиять на цену предложения изготовителей основного энергетического оборудования, поскольку они принадлежат разным группам собственников и не имеют общих задач.

6. *Тотальный дефицит высококвалифицированных кадров,* проявляющийся на всех этапах инжиниринговой деятельности. По оценкам экспертов, дефицит проектировщиков составляет 50%, менеджеров проектов (в особенности владеющих цифровыми инструментами проектного руководства и гибкими методологиями) – 70%, специалистов в области строительно-монтажных работ – 50% [Гущина, 2012]. Университеты пока не готовы ответить на данный вызов, и профильных программ по инжинирингу в энергетике на российском рынке фактически нет; во многом это объясняется междисциплинарным характером инжиниринга, требующим инженерно-экономических

¹² Business Guide // Тематическое приложение к газете «Коммерсантъ». 2011. № 55. С. 14.

и инженерно-управленческих компетенций в сферах энергетики, строительства, финтеха и IT¹³.

При этом единая отраслевая стратегия развития инжиниринга отсутствует.

В результате на данном этапе развития на отечественном рынке инжиниринга наблюдаются активные процессы слияний и поглощений, ведущих к укрупнению и консолидации инжиниринговых активов под эгидой крупных энергокомпаний, централизации в них управления и финансового контроля. Но даже в такой модели, вроде бы имеющей характер комплексного инжиниринга и призванной максимально оптимизировать управление по технической и коммерческой составляющим, в проектах нового строительства, модернизации и реконструкции энергообъектов нередко участвует такое количество подрядчиков, субподрядчиков, агентов и т.д., что сроки их реализации затягиваются, а механизм ценообразования на инжиниринговые услуги становится крайне непрозрачным.

Несмотря на вышеописанные проблемы, сегодня на рынке инжиниринга в РФ сложилась уникальная ситуация, стимулирующая его развитие. Во-первых, усиливающееся санкционное давление заставляет государство акцентировать внимание на развитии отечественных технологий, во-вторых, многие непрофильные сервисные фирмы, оказывающие услуги в сфере техобслуживания и ремонта, энергоэффективности, управления спросом, уже начали диверсифицировать портфель своих услуг для охвата всех этапов отраслевой цепочки создания ценности – генерации, передачи, распределения, сбыта и потребления электроэнергии.

Подчеркнем, что для таких фирм, зачастую имеющих весьма смутное представление об устойчивом функционировании энергосистем и правилах работы энергетических рынков, крайне полезной могла бы стать совместная работа на специализированной коммуникационной площадке для обсуждения возможностей использования разрабатываемых решений в энергетической отрасли как единой сложной системе.

¹³ Пожалуй, единственная на рынке профильная программа – магистратура «Инжиниринг в электроэнергетике» НИУ «МЭИ», Москва. URL: <http://kafedra-ees.gu/Инжиниринг-в-электроэнергетике/>

Перспективная модель организации энергетического инжиниринга

Одно из системных предложений, направленных на решение описанных проблем, которое нередко звучит в научных публикациях [Осика, 2010; Неуймин, 2018] и в целом находит отклик у авторов статьи, заключается в создании национальных интегрированных производственно-инжиниринговых компаний по типу Siemens Energy или Alstom Power с резким усилением наукоемкой поддержки в ходе реализации проектов. Реализация этой задачи может происходить по одному из двух сценариев.

Вариант 1. Компании, работающие по модели комплексного инжиниринга, могли бы быть организованы на базе крупнейших энергомашиностроительных заводов РФ (ПАО «Силловые машины», ОАО «ЗИО-Подольск», ОАО «Сатурн – Газовые турбины», НПО «Элсиб»). Данный вариант может быть реализован как путем создания одной многопрофильной или нескольких специализированных, рыночно независимых инжиниринговых компаний с участием представителей энергомашиностроения в их корпоративном управлении, так и на основе создания в самих энергомашиностроительных предприятиях дочерних инжиниринговых дивизионов. Это могло бы способствовать повышению конкурентоспособности российского оборудования, существенному росту доли сервиса в финансовых результатах деятельности машиностроительных предприятий, а также развитию компетенций самих инжиниринговых компаний. Речь идет как о дефицитных специфических компетенциях отдельных специалистов и команд, так и о постановке внутри компаний прогрессивных форм управления сложными проектами, основанных, например, на использовании методологий системной инженерии [Ершова и др., 2020; Гаврилова и др., 2017].

Такой подход, распространенный в международной практике, имеет и ряд минусов. Он активизирует конкуренцию между энергомашиностроительными предприятиями, которые будут позиционировать инжиниринг в качестве дополнительного ценностного предложения, позволяющего реализовывать проекты полного цикла, но на развитие рынка инжиниринговых сервисов его влияние будет опосредованным. Более того, инжиниринговые

компании рискуют попасть в ловушку, известную как «модель работы на единственного заказчика», когда возможности развития бизнеса определяются исключительно состоянием дел основного бенефициара. Наконец, то, что им придется лоббировать интересы конкретных производителей, автоматически запустит механизмы недобросовестной конкуренции, от которых российской энергетике, наоборот, необходимо избавляться.

Вариант 2. Данный сценарий предполагает определенное административное воздействие на игроков рынка. Его идею можно раскрыть в четырех ключевых положениях.

А. Создается специальный сертификационный орган, в обязанности которого входит наделение инжиниринговых компаний определенным статусом на основании тех или иных ключевых параметров. Важно, чтобы данный орган обладал независимостью и состоял из компетентных представителей как непосредственно инжиниринга, так и смежных видов деятельности (энергетики, энергомашиностроения, образования, консалтинга, строительства, энергосервиса). По своему организационному устройству такая структура должна быть аналогична институту саморегулируемых организаций, тогда как использование часто практикуемой в России модели бюджетного комитета или госагентства, регулирующего деятельность свободных рыночных субъектов, крайне нежелательно.

Б. Присваиваемые статусы могут соответствовать общепринятой классификации инжиниринга (например, комплексный, строительный, консультационный, эксплуатационный, экологический). Компании могут одновременно иметь два и более статусов, реализуя на рынке услуги, например, консультационного и экологического инжиниринга. Однако допуск к стратегическим, наиболее капиталоемким и сложным энергетическим проектам дает только высший статус комплексной инжиниринговой компании.

В. К организациям, претендующим на получение такого статуса, предъявляются жесткие требования по наличию научно-исследовательской, опытно-конструкторской, лабораторной базы, опыту реализации крупных энергетических проектов, партнерств с университетами (реализуемыми, например, в форме совместных программ высшего или дополнительного образования), проектными институтами, предприятиями энергомашиностроения (здесь уместны варианты совместных предприятий

или экспериментальных центров по тестированию и внедрению инноваций). В условиях насыщения технологической базы электроэнергетики цифровыми интеллектуальными решениями целесообразно предусмотреть оценку так называемой цифровой зрелости комплексных инжиниринговых компаний^{14,15}.

Г. Другие организации осуществляют свою деятельность в менее крупных локальных проектах и, постепенно накапливая опыт и необходимые компетенции, могут претендовать на повышение своего статуса до высшего уровня.

Данный сценарий не требует масштабного передела инжинирингового рынка, систематизирует профили его участников, активизирует механизмы рыночной конкуренции, будет способствовать превращению энергетического инжиниринга в реальный наукоемкий сервис. Но и он не лишен слабостей и рисков. Например, может оказаться, что никто из действующих игроков не захочет (не будет готов) брать на себя обязательства, возлагаемые на «комплексный инжиниринг». А, поскольку реализация инфраструктурных энергетических проектов не может быть сорвана, велик риск появления имитации комплексных инжиниринговых компаний, создаваемых по формальным признакам «на бумаге».

Необходимость появления сертификационного органа может привести к бюрократизации отраслевого регулирования. Здесь, правда, важно подчеркнуть, что данный орган формируется самими участниками рыночных отношений, которые, как правило, не заинтересованы в дополнительном надзоре сторонних инспекционных структур. Если на начальной стадии своего функционирования он действительно будет выполнять бюрократические задачи (разработку процедур сертификации, определение критериев соответствия компаний различным статусам, уточнение условий отнесения проектов к инфраструктурным), то в дальнейшем его роль трансформируется в двух основных направлениях: во-первых, в части составления текущего и перспективного портрета рынка, фактической «оценки качества» инжиниринга

¹⁴ Van Brocklin K. L. Digital Engineering Model Maturity, 2018 [Эл. ресурс]. URL: <http://gvsets.ndia-mich.org/documents/SE/2018/Digital%20Engineering%20Model%20Maturity.pdf>

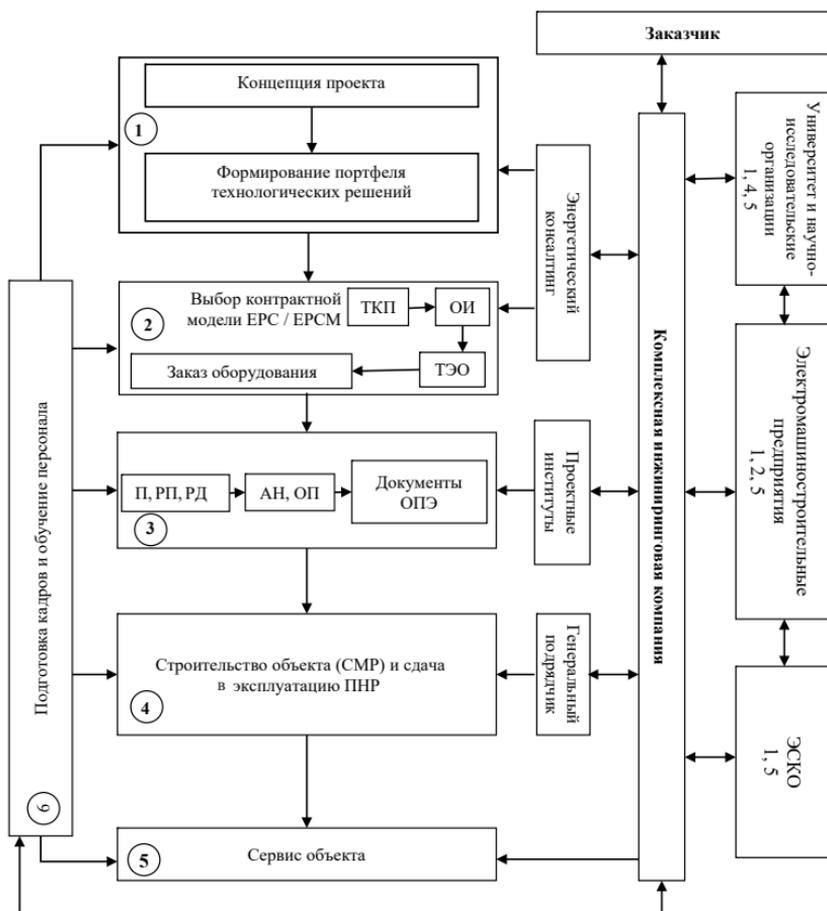
¹⁵ Roehrig, P. The End of the Beginning. Cognizant Report, 2019. [Эл. ресурс]. URL: <https://www.cognizant.com/digital-transformation-report>.

и рейтингования инжиниринговых фирм, что по сути может использоваться ими как маркетинговый инструмент, и, во-вторых, в области организации научно-практических дискуссий по наиболее острым вопросам развития энергетического инжиниринга с привлечением профессионального и академического сообщества.

Предлагаемая нами целевая модель взаимодействия комплексной инжиниринговой компании с иными участниками энергетического рынка приведена на рисунке 3.

В логике идеи комплексная инжиниринговая компания агрегирует всю ответственность за выполнение проекта, привлекая для его отдельных стадий другие организации, обладающие профильными узкоспециализированными компетенциями. В предлагаемой схеме имеется усиленный первый блок работ, связанный с разработкой организационно-технологической концепции проекта; как видно из схемы, данная наиболее интеллектуалоемкая стадия (обычно выполняемая заказчиком самостоятельно) реализуется с помощью университетов, научно-исследовательских, консалтинговых, энергосервисных организаций, предприятий энергомашиностроения, а при необходимости – компаний IT-индустрии.

Появление и распространение комплексных инжиниринговых компаний должно привести к тому, что: а) заказчик освободится от не свойственных ему инжиниринговых функций; б) повысится качество разработки и реализации проектов; в) на рынке расширится диапазон предложений наукоемких сервисных продуктов, при этом конкурентное пространство вынуждены будут покинуть многочисленные псевдоинжиниринговые структуры, образованные для коррупционных схем. Но самый главный эффект, по нашему мнению, заключается в выходе национального инжиниринга *на уровень отраслевого центра прорывных компетенций*, востребованных, во-первых, в связи с ростом сложности энергетических систем и радикальным увеличением инновационных энергетических технологий, внедряемых или планируемых к внедрению в рамках процессов цифровизации и энергетического перехода, а, во-вторых, в свете складывающейся геополитической ситуации, требующей опережающего наращивания собственных инжиниринговых мощностей.



Источник. Разработано авторами.

Рис. 3. Концептуальная модель организации комплексного инжиниринга:

ТКП – технико-коммерческое предложение, ОИ – обоснование инвестиций, ТЭО – технико-экономическое обоснование, П – проект, РП – рабочий проект, РД – рабочая документация, АН – авторский надзор, ОП – оперативное проектирование, ОПЭ – опытно-промышленная эксплуатация, ИК – инжиниринговая компания, ПИ – проектный институт, ГП – генподрядчик, СП – субподрядчик, СМР – строительные-монтажные работы, ПНР – пуско-наладочные работы, ЭСКО – энергосервисная компания.

По существу, именно инжиниринг принимает на себя функции выполнения наиболее интеллектуалоемкой части энергетических проектов с принципиально новыми технологиями, реализуемыми в условиях глубоко нестабильной внешней среды. Подобный подход весьма успешно зарекомендовал себя в Италии, Швеции, Нидерландах, Китае на этапе ускоренного развития энергетического сектора¹⁶ [Гительман, Кожевников, 2013].

Заключение

Сегодня инжиниринг в энергетике, по сути, представляет собой мультидисциплинарный комплекс мероприятий, в рамках которых реализуются не только строительство и модернизация инфраструктурных объектов, но и оценка необходимости в этих работах, включая технико-экономическую эффективность, сценарии возможного «поведения» энергообъектов при изменении значимых параметров функционирования энергосистем (например, снижении или увеличении спроса на электроэнергию, возрастании доли альтернативной генерации и активных потребителей, потенциальном ужесточении требований к экологической и кибербезопасности). Вопрос особой сложности, который возникает сегодня перед инжиниринговыми компаниями и требует привлечения экспертов из различных областей науки и практики, заключается в выработке эффективных решений по синхронизации морально устаревшего («аналогового») и прогрессивного («цифрового», «интеллектуального») оборудования для обеспечения бесперебойного и устойчивого функционирования энергосистем.

Детальное изучение проблематики трансформации рынка энергетического инжиниринга в РФ дает возможность предложить концептуальную модель его организации и постулировать ряд предложений по введению стимулирующих мер для его развития.

1. Формирование базиса научных знаний и создание общедоступной информационной базы о функционировании инжиниринга в энергетике. Авторы считают крайне важным, чтобы накопленный опыт в сфере инжиниринга перестал быть

¹⁶ *Martinot E.* Renewable power for China: Past, present, and future // *Frontiers of Energy and Power Engineering in China.* 2010. Vol. 4, No. 3. Pp. 287–294.

закрытым и принадлежащим небольшому числу компаний, монополизирующих рынок. Это позитивно скажется на регулировании индустрии, увеличении предложения «внешних» наукоемких решений, что является одним из ключевых факторов инновационного развития в условиях технологической революции¹⁷.

2. Стимулирование взаимодействия инжиниринговых компаний с производителями оборудования для тепловой генерации с целью активизировать научно-технические разработки, ускорить процессы модернизации и техперевооружения ТЭС (в особенности угольных), темпы импортозамещения и снизить потребность энергетики в иностранных технологиях, пока еще не зарекомендовавших себя на отечественном рынке.

3. Создание специализированных профессиональных сообществ для концентрации актуальных и перспективных знаний и компетенций, тесная кооперация с университетами для подготовки специализированных кадров. Возможен вариант формирования федеральных и/или региональных центров на базе существующих инновационных кластеров для более эффективного взаимодействия между инжиниринговым бизнесом и НИОКР.

Приведенные в статье рекомендации могли бы, на наш взгляд, использоваться в плане мероприятий («дорожной карте») в области инжиниринга и промышленного дизайна, который в 2020 г. был утверждена Правительством РФ¹⁸ с целью ревизии и модернизации инжиниринговой индустрии РФ, в том числе в электроэнергетике.

Литература

Александров Ю. Д. Анализ рынка инжиниринговых услуг в электроэнергетике // Вестник университета. 2017. № 4. С. 113–116.

Беркович В. М., Цыганков И. С. Инжиниринг и реинжиниринг бизнес-процессов в современных условиях // Проблемы современной экономики. 2021. № 1 (77). С. 85.

Высокотехнологичный компьютерный инжиниринг: обзор рынков и технологий / Науч. ред. К. В. Дорофеев, рук. группы В. Н. Княгинин. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 110 с.

¹⁷ *The Internationalisation of Business R&D. Evidence, Impacts and Implications.* OECD, 2008. URL: <https://www.oecd.org/sti/inn/theinternationalisationofbusinessrd/evidenceimpactsandimplications.htm>

¹⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 июня 2020 г. № 1546-п. [Эл. ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/vdrS77AzMVFJ4jSNyFw7NxXvVeR2bFGD.pdf>

Гаврилова Т.Б., Гительман Л.Д., Кожевников М.В. Системная инженерия для менеджеров. М.: Экономика, 2017. 188 с.

Гительман Л.Д., Кожевников М.В. Управленческий консалтинг для технологической модернизации и индустрии будущего // Экономика региона. 2017. Т. 13, № 1. С. 204–215.

Гительман Л.Д., Кожевников М.В. Центры компетенций – прогрессивная форма организации инновационной деятельности // Инновации. 2013. № 10. С. 92–98.

Гущина А.А. Современные проблемы инжиниринговых энергетических предприятий // Российское предпринимательство. 2012. № 9. С. 98–102.

Ершова И.В., Ершов А.В., Бездежская Я.Г. Проект-аутсорсинг как форма научно-производственной кооперации промышленных предприятий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2020. Т. 14, № 2. С. 73–80.

Кожевников М.В., Двинынинов А.А. Роль экологического инжиниринга при переходе к циркулярной экономике / Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XIV международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 20–21 мая 2020 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2020. 350 с. С. 14–20.

Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. Новосибирск: Наука, 2015. 147 с.

Кривошапка И. ДППМ-2: приоритеты, механизмы и «лазейки» // Энергетика и промышленность России. 2020. № 5.

Макаров А.Ю., Макаров А.А. Цифровая экономика. Технологии меняют менеджмент. Практика внедрения и результаты. М.: СОЛЮН-Пресс, 2021. 160 с.

Мантуров Д.В. Развитие инжиниринга – важнейшая составляющая формирования инновационной экономики в России // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2013. № 2.

Матюшок В.М., Жужок В.С. Пути модернизации и инновационного развития энергетического машиностроения в России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 18. С. 17–29.

Медяник Ю.В. Рынок инжиниринговых услуг в России: проблемы и перспективы развития // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18, № 24. С. 4221–4233.

Медяник Ю.В., Хафизов Р.Р. Инжиниринг в строительстве // Известия КГАСУ. 2020. № 1. С. 172–178.

Мухаррамова Э.Р. Инжиниринг в строительстве // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17, № 16. С. 1959–1974. DOI: 10.18334/rp.17.16.36488.

Неуймин В.М. Как повысить потенциал отечественного энергомашиностроения // Энергетик. 2018. № 2. С. 7–18.

Осика Л. Современный инжиниринг: определение и предметная область // Энергорынок. 2010. № 4.

Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития. Под ред. Ю. Удальцова, Д. Холкина. М.: Центр стратегических разработок, 2018. – 77 с.

Романовская Е.В., Андрияшина Н.С., Назаркина Е.С., Ватлецов Д.П. Отечественный и зарубежный опыт применения инжиниринга // Московский экономический журнал. 2021. № 7. С. 534–540. DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10436

Синицын А., Накорякова Л., Пигалкина В. Перспективы развития угольной промышленности в России: экспортный потенциал, финансовое положение, социально-экономические эффекты. М.: Центр стратегических разработок, 2020. 184 с.

Соколяк Г. Инжиниринг на вырост // Экономика и ТЭК сегодня. 2009. № 10. С. 60–61.

Хохлов А., Мельников Ю. Угольная генерация: новые вызовы и возможности. М.: Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. 88 с.

Цифровой переход в электроэнергетике России: экспертно-аналитический доклад. Под ред. В.Н. Княгинина, Д.В. Холкина. М.: Центр стратегических разработок, 2017. 47 с.

Чернова Д.В., Кибкало С.С. Характеристика современного рынка инжиниринговых услуг в России // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2013. № 2. С. 125–130.

Dzyuba A., Solovyeva I. Price-based demand-side management model for industrial and large electricity consumers // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. Vol. 10, № 4. P. 135–149. DOI: 10.32479/ijeep.8982.

Gitelman L.D., Kozhevnikov M.V. Electrification in industrial revolution 4.0 // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2020. № 5(4). P. 367–379. DOI: 10.2495/EQ-V5-N4-367-379.

Gitelman L.D., Silbermann V., Kozhevnikov M.V., Makarov A.Y., Sandler D.G. Energy engineering and consulting: New challenges and reality // International Journal of Energy Production and Management. 2020. Vol. 5(3). P. 272–284. DOI: 10.2495/EQ-V5-N3-272-284.

Kiselev A., Magaril E., Magaril R., Panepinto D., Ravina M., Zanetti M.C. Towards circular economy: Evaluation of sewage sludge biogas solutions // Resources. 2019. № 8(2). Paper 91. DOI: 10.3390/resources8020091.

Kozhevnikov M., Gitelman L.D., Magaril E., Magaril R., Aristova A. Risk reduction methods for managing the development of regional electric power industry // Sustainability. 2017. № 9(12). Paper 2201. DOI: 10.3390/su9122201.

Shabani B., Dukovski V. Reverse engineering and additive technologies in circular economy // Mechanical Engineering Scientific Journal. 2018. Vol. 36. №. 2. Pp. 123–129.

Статья поступила 07.12.2021

Статья принята к публикации 28.01.2022

Для цитирования: *Кожевников М.В., Двинянинов А.А.* Концептуальная модель организации российского инжиниринга в энергетике // ЭКО. 2022. № 5. С. 131–156. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-5-131-156

Summary

Kozhevnikov, M. V., Cand. Sci. (Econ.), Dvinyaninov, A. A., Ural Federal University, Yekaterinburg

The Conceptual Model of the Russian Energy Sector Engineering Setup

Abstract. The paper is devoted to the development of the engineering industry model corresponding to modern problems and challenges arising in electric power

industry of the Russian Federation. It has been proved that the novelty of the problems arising in the industry, the increase in complexity and uncertainty of the conditions for the implementation of large energy projects, the growth of requirements for their scientific and technical support actualize the problem of organizing engineering as a knowledge-intensive and multidisciplinary activity. The authors have systematized the main theoretical concepts of energy engineering, analyzed the current state and key problems of the engineering market in Russia, proposed a conceptual model of engineering organization aimed at enhancing competition and strengthening the interaction of engineering companies with suppliers of new technical solutions and services. The results of the study may be of interest to regulatory bodies and specialized agencies in the formation of strategic initiatives for the development of the electric power industry of the Russian Federation and its service circuit.

Keywords: *engineering; reengineering; digitalization; construction engineering; energy engineering; conceptual model; energy transition; project life cycle*

References

Aleksandrov, Yu.D. (2017). Analysis of the engineering services market in the electric power industry. *Vestnik Universiteta*. No. 4. Pp. 113–116. (In Russ.).

Berkovich, V.M., Tsygankov, I.S. (2021). Engineering and reengineering of business processes in modern conditions. *Problemy sovremennoy ekonomiki*. No. 1 (77). P. 85. (In Russ.).

Chernova, D.V., Kibkalo, S.S. Characteristics of the modern market of engineering services in Russia (2013). *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. No. 2. Pp. 125–130. (In Russ.).

Digital transition in the electric power industry of Russia: expert and analytical report, ed. Knyaginina, V.N., Holkin, D.V. (2017). Moscow: Center for Strategic Research. 47 p. (In Russ.).

Dzyuba, A., Solovyeva, I. (2020). Price-based demand-side management model for industrial and large electricity consumers. *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 10, № 4. Pp. 135–149. DOI: 10.32479/ijeeep.8982.

Ershova, I.V., Ershov, A.V., Bezdezhskaya, Ya.G. (2020). Project-outsourcing as a form of scientific and production cooperation of industrial enterprises. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment*. Vol. 14, No. 2. Pp. 73–80. (In Russ.).

European School of Engineering. Contracting EPC and EPCM: a chasm of differences. Part 1. (2019). *Control Engineering Russia*. No. 3. Pp. 1–7. Available at: https://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_Web_EPCM_01.pdf (accessed 16.03.2022). (In Russ.).

Gavrilova, T.B., Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V. (2017). *Systems Engineering for Managers*. Moscow. Economics, 188 p. (In Russ.).

Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V. (2013). Competence centers – the progressive form of innovation activity organization. *Innovations*. No. 10. Pp. 92–98. (In Russ.).

Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V. (2017). Management Consulting for Technological Modernization and Industry of the Future. *Economy of Region*. Vol. 13. No. 1. Pp. 204–215. (In Russ.).

Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V. (2020). Electrification in industrial revolution 4.0. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. No. 5(4). Pp. 367–379. DOI: 10.2495/EQ-V5-N4–367–379.

Gitelman, L.D., Silbermann, V., Kozhevnikov, M.V., Makarov, A. Yu., Sandler, D.G. (2020). Energy engineering and consulting: New challenges and reality. *International Journal of Energy Production and Management*. Vol. 5(3). Pp. 272–284. DOI: 10.2495/EQ-V5-N3–272–284.

Gushchina, A.A. (2012). Modern problems of energy engineering enterprises. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo*. No. 9. Pp. 98–102.

High-tech computer engineering: an overview of markets and technologies, ed. Dorofeev, K.V. (2014). St. Petersburg. Izd-vo Politekh. Un-ta. 110 p. (In Russ.).

Khokhlov, A., Melnikov, Yu. (2019). *Coal generation: new challenges and opportunities*. Moscow: Energy Center of the Moscow School of Management SKOLKOVO. 88 p. (In Russ.).

Kiselev, A., Magaril, E., Magaril, R., Panepinto, D., Ravina, M., Zanetti, M.C. (2019). Towards circular economy: Evaluation of sewage sludge biogas solutions. *Resources*. No. 8(2). Paper 91. DOI: 10.3390/resources8020091.

Kononov, Yu.D. (2015). *Ways to improve the validity of long-term forecasts for the development of the fuel and energy complex*. Novosibirsk. Nauka. 147 p.

Kozhevnikov, M., Gitelman, L.D., Magaril, E., Magaril, R., Aristova, A. (2017). Risk reduction methods for managing the development of regional electric power industry. *Sustainability*. No. 9(12). Paper 2201. DOI: 10.3390/su9122201.

Kozhevnikov, M.V., Dvinyaninov, A.A. (2020). The role of environmental engineering in the transition to a circular economy. *Environmental Safety Management System: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference*. Ekaterinburg: UrFU. 350 p. Pp. 14–20. (In Russ.).

Krivoshapka, I. (2020). DPM-2: priorities, mechanisms and “loopholes”. *Energetika i promyshlennost' Rossii*. No. 5. (In Russ.).

Makarov, A. Yu., Makarov, A.A. (2021). *Digital economy. Technologies are changing management. Implementation practice and results*. Moscow. SOLON-Press. 160 p. (In Russ.).

Manturov, D.V. (2013). The development of engineering is the most important component of the formation of an innovative economy in Russia. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. «Mashinostroyeniye»*. No. 2. (In Russ.).

Market of Electricity Storage Systems in Russia: Development Potential, ed. Udaltsov, Yu., Kholkin, D. (2018). Moscow. Center for Strategic Research. 77 p. (In Russ.).

Matyushok, V.M., Zhukov, V.S. (2014). Ways of modernization and innovative development of power engineering in Russia. *Natsional'nyye interesy: priority i bezopasnost'*. No. 18. Pp. 17–29. (In Russ.).

Medyanik, Yu.V., Khafizov, R.R. (2020). Engineering in construction industry. *Izvestiya KSUAAU*. No. 1. Pp. 172–178. (In Russ.).

Medyanik, Yu.V. (2017). The market of engineering services in Russia: problems and development prospects. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo*. Vol. 18, No. 24. Pp. 4221–4233. (In Russ.).

Muharramova, E.R. (2016). Engineering in construction industry. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo*. Vol. 17, No. 16. Pp. 1959–1974. DOI: 10.18334/rp.17.16.36488. (In Russ.).

Neuymyn, V.M. (2018). How to increase the potential of the national power engineering. *Energetik*. No. 2. Pp. 7–18. (In Russ.).

Osika, L. (2010). Modern engineering: definition and subject area. *Energorynok*. No. 4. (In Russ.).

Romanovskaya, E.V., Andryashina, N.S., Nazarkina, E.S., Vatletsov D.P. (2021). National and foreign experience in the application of engineering. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal*. No. 7. Pp. 534–540. DOI: 10.24411/2413–046X-2021–10436. (In Russ.).

Shabani, B., Dukovski, V. (2018). Reverse engineering and additive technologies in circular economy. *Mechanical Engineering Scientific Journal*. Vol. 36. No. 2. Pp. 123–129.

Sinitsyn, A., Nakoryakova, L., Pigalkina, V. (2020). *Prospects for the development of the coal industry in Russia: export potential, financial situation, socio-economic effects*. Moscow. Center for Strategic Research. 184 p. (In Russ.).

Sokolviak, G. (2009). Engineering for growth. *Ekonomika i TEK segodnya*. No. 10. Pp. 60–61. (In Russ.).

For citation: Kozhevnikov, M. V., Dvinyaninov, A. A. (2022). The Conceptual Model of the Russian Energy Sector Engineering Setup. *ECO*. No. 5. Pp. 131–156. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-5-131-156