

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

(с точки зрения специалиста)

**В.М. БАТЕНИН, доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН, советник РАН**

Сейчас широко обсуждается проект энергетической стратегии на период до 2035 г. (ЭС-2035). Обсуждение проходит в сложный для страны период, когда темп роста ВВП страны снижается в разы, когда роль энергетического комплекса как локомотива развития, что предусматривалось ЭС-2030¹, ставится под сомнение, когда всё более жёстко проявляется международная конкуренция на рынке энергетических ресурсов, обостряются политические противоречия, связанные с неприятием рядом стран притязаний США на роль гегемона в политических и экономических вопросах.

В этих условиях проект ЭС-2035 направлен на «коренное изменение целей и механизмов развития топливно-энергетического комплекса страны, на переход от ресурсно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию ТЭК и от «локомотива развития к «стимулирующей инфраструктуре», обеспечивающей создание условий для развития российской экономики, включая её диверсификацию, рост технологического уровня, минимизацию инфраструктурных ограничений»². Такая постановка задачи, безусловно, обоснована, хотя и явно запоздала. Однако возникает вопрос, достаточны ли предлагаемые проектом стратегии меры для достиже-

ния поставленной цели, возможно ли её достижение путём реализации ряда мероприятий только в рамках ТЭК.

Не претендуя на исчерпывающий ответ на эти вопросы, проанализируем ситуацию на примере развития электроэнергетики страны и в первую очередь её основной составляющей – генерации.

В проекте ЭС-2035 отмечается, что производство электроэнергии уверенно движется в прогнозном коридоре ЭС-2030, ввод новых мощностей за период 2008–2012 гг. составил 12,5 ГВт, а инвестиции возросли в 2 раза. Рост спроса на электроэнергию в этот период отставал от прогнозируемого и в 2013 г. по существу прекратился. Нетто-экспорт электроэнергии в 2012 г. оказался ниже уровня 2008 г. на 6,3%. Исходя из прогнозов развития экономики, в ЭС-2035 планируется, что к 2035 г. в тепловой генерации будет выведено из эксплуатации свыше 70 ГВт физически изношенного и морально устаревшего оборудования и введено свыше 100 ГВт мощностей с применением передовых технологий на базе газотурбинных установок (ГТУ).

Большинство районных тепловых станций (РТС) и котельных, работающих на газе, будет переоборудовано в малые ГТУ-ТЭЦ, что позволит дополнительно получить около 20 ГВт электрической мощности при относительно небольшом увеличении расхода газа и при сохранении объёмов теплоснабжения. Генерирующие установки, работающие на угле, как записано в проек-

¹ Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к энергетической стратегии России на период до 2030 года). М.: Энергия, 2010. 616 с.

² <http://www.minenergo.gov.ru/upload/iblock/621/621d81f0fb5a11919f912bfafb3248d6.pdf>

те ЭС-2035, “будут представлять собой установки, в том числе работающие на сверхкритических параметрах пара (там, где это будет экономически целесообразно), а также установки, оборудованные котлами с циркулирующим кипящем слоем и котлами с низкотемпературным вихрем. Будут осваиваться установки с газификацией угля и энерготехнологические установки. Средний коэффициент полезного действия производства электроэнергии на установках, работающих на угле, составит около 41%”.

Предполагается широкое распространение установок распределённой генерации с использованием ГТУ и ДВС в сочетании с возобновляемыми источниками энергии. Всё это отражает мировые тенденции развития электроэнергетики на ископаемых видах топлива.

В ситуации антироссийских санкций со стороны как США, так и Евросоюза резко возрастает необходимость снизить экспортную зависимость ведущих отраслей экономики, и в первую очередь энергетики. Распоряжением Правительства РФ от 3 июля 2014 г. N 1217-р утверждён план мероприятий по внедрению инновационных технологий и современных материалов в отраслях ТЭК на период до 2018 г., имеющий целью устранение одного из основных сдерживающих факторов развития ТЭК и “обеспечить поддержку инновационных проектов по принципу технологического коридора – от прикладных научно-исследовательских работ до внедрения и тиражирования результатов, а также воссоздание и развитие научно-технического и кадрового потенциала”. Таким образом, определение приоритетных направлений технологического развития и отбор предложений по реализации конкретных проектов по разработке и внедрению инновационных технологий приобретает первостепенное значение. Можно с достаточной достоверностью определить приоритетные направления, опираясь только на экспертные

оценки и мировой опыт, но приоритет той или иной конкретной технологии в рамках направления требует более тщательного, в том числе и количественного, анализа. Необходимо учесть конкретные условия размещения объектов, выбрать оборудование, оценить термодинамическую эффективность, эксплуатационные и капитальные затраты, определить источники и условия финансирования.

В мировой практике известны примеры предварительной сравнительной оценки эффективности использования различных энергетических технологий. В России такой опыт отсутствует. Прямое же сравнение, например, капитальных затрат при строительстве однотипных энергетических объектов у нас и в США показывает, что у нас по сравнению с Америкой стоимость установленного киловатта на новых объектах в 1.5 раза выше. Такой подход, опирающийся на сравнение с американскими аналогами при анализе эффективности различных технологий, в условиях нашей страны явно не приемлем. (С другой стороны, необходимо выяснить основные причины столь существенного превышения капитальных затрат в условиях России.) Капитальные затраты являются лишь одним из критериев оценки эффективности предлагаемых новых технологий. Стоимостные сравнения по многим критериям не всегда возможны. Наиболее объективным, на наш взгляд, является сравнение эффективности новых технологий с хорошо известным эталонным объектом, в качестве которого может быть выбран типовой паротурбинный энергоблок. Результаты такого сравнения позволят провести ранжирование многих предлагаемых новых технологий и составить их иерархию ещё до проведения детального и затратного технико-экономического анализа, который, конечно, необходим, но уже после выбора приоритетной технологии. Ранжирование технологий позволит уже на предварительном этапе выбрать, напри-

мер, перспективные схемы энергоблоков для новых районов “большой Москвы”, определить рациональную структуру реконструкции РТС с использованием в качестве надстройки газотурбинных или газопоршневых двигателей, прогнозировать создание энергоблоков средней мощности для распределённого энергообеспечения с использованием тригенерации при предельно высоких (до 100%) коэффициентах использования топлива и многое другое.

Климатическое разнообразие регионов страны, особенности размещения источников первичных энергоресурсов, потребителей электрической и тепловой энергии делают разработку методики и проведение количественного ранжирования технологий безусловно необходимыми. Результаты такого ранжирования нужны в первую очередь государственным структурам и инвесторам, осуществляющим реализацию предусмотренных энергетической стратегией вводов новых мощностей. Именно они должны заказать работу по созданию базовой иерархической структуры новых мощностей и её постоянному пополнению по результатам анализа новых разработок.

ОИВТ РАН имел опыт проведения подобной работы в рамках советско-американского сотрудничества в 80-х годах прошлого столетия³. Значимость этой работы проявилась сегодня, когда в условиях действия экономических санкций срочно потребовалось вновь уточнить перспективные технологии и сформулировать первоочередные национальные проекты в области энергетики. Ясно, что это должны быть инновационные, конкурентоспособные на мировом рынке энергетические

технологии с минимальными капитальными затратами, базирующиеся на возможностях отечественного машиностроения с полным импортозамещением.

Рассмотрим такой пример. Как известно, эффективность тепловых электростанций (ТЭС) определяется в первую очередь законами термодинамики, в соответствии с которыми нужно максимально повышать температуру рабочего тела. Именно эта возможность является основным преимуществом комбинированных парогазовых установок, определяющих лицо современной энергетики. Замена эксплуатируемых в России паротурбинных ТЭС с КПД 30÷35% на ПГУ с КПД 55÷60% позволит уменьшить потребление газа в электроэнергетике не менее чем на 45 млрд м³ в год, что сравнимо с объёмами поставок газа по “Северному потоку”.

В ПГУ основным наукоёмким элементом является газовая турбина. Более сложной и тяжело нагруженной детали, чем лопатка современной газовой турбины, человечество никогда не создавало. Здесь задействованы все достижения материального производства, газовой динамики, теплообмена, а также разработаны сложнейшие технологии изготовления.

Россия в 1968 г., обладая мощным коллективом разработчиков на ЛМЗ в Ленинграде, создала первую в мире двухвальную газовую турбину мощностью 100 МВт. В 70-е гг. в СССР начала работать опытная парогазовая установка. Однако увлечение в 70–80-е гг. атомной энергетикой и перспективами МГД-метода производства энергии полностью перекрыло дорогу газотурбинным и парогазовым установкам.

В результате крупные энергоблоки в России сооружаются с использованием газовых турбин, производимых на совместных предприятиях по иностранным лицензиям. Как правило, при этом локализация производства оборудования на территории страны никогда не достигает 100%. Наиболее ответствен-

³ Масленников В.М., Выскубенко Ю.А., Штеренберг В.Я. (СССР); Смитсон Г.Р., Робсон Ф.Л., Лемон А.В., Лохон В.Т. (США). “Парогазовые установки с внутрицикловой газификацией топлива и экологические проблемы энергетики”. Под редакцией академика С.А. Христиановича (СССР) и Т.К. Джейнса (США). М.: Наука, 1983. 264 с.

ные, инновационные элементы остаются собственностью иностранного партнёра. Мы уже отмечали⁴ создаваемую при этом угрозу энергетической безопасности страны не только с точки зрения обеспечения работоспособности оборудования в условиях применения, например, международных санкций, но и потери научного, конструкторского, технологического и производственного потенциала в одной из наиболее интенсивно развивающихся отраслей современной энергетики. Ставка на зарубежные ГТУ не только ненадёжна, но и экономически не выгодна. Гарантийное обслуживание фирмой-производителем ежегодно может составлять до 20% стоимости оборудования. Эксплуатация же собственными силами снимает гарантийные обязательства и создаёт дополнительные сложности с обеспечением запасными частями.

Несмотря на очевидные проблемы с выходом России на мировой уровень электроэнергетики, долгосрочные и среднесрочные программы не предусматривают каких-либо работ по созданию отечественной энергетической газовой турбины большой мощности. Ориентация на закупку иностранного оборудования является крайне близорукой и глубоко ошибочной, исходя хотя бы из следующих соображений.

Во-первых, даже при сохранении современного уровня производства электроэнергии (в действительности, при восстановлении промышленности он будет наращиваться) необходимо будет вводить ежегодно как минимум 2–3 ГВт ГТУ в составе ПГУ для замены выбывающих физически и морально устаревших блоков мощностью 200–300 МВт. И этот огромный рынок (не менее 500–600 млн долл. в год) самого наукоёмкого промышленного продукта в современной мировой экономике (это – не громкая фраза, это – правда) будет отдан иностранцам.

⁴ Батенин В.М., Масленников В.М. Некоторые проблемы энергетического машиностроения // *Энергетическая политика*. 2012. № 14.

Во-вторых, расчёты на полную локализацию производства зарубежных мощных турбин в стране построены на песке. Производство “критических” узлов (высокотемпературного лопаточного аппарата и камеры сгорания) наверняка останется за границей. А это 60% начальной стоимости машины. К этому следует добавить стоимость запасных комплектов этих узлов для обязательной многократной замены в процессе эксплуатации, то есть ещё 30–50% стоимости новой машины за 12–13 лет.

И, наконец, отсутствие отечественного конструкторского бюро по проектированию и координации НИОКР, а также отсутствие производства мощных отечественных ГТУ означает постепенное угасание и фактическую смерть прикладной и фундаментальной науки, обеспечивающей энергетику и энергомашиностроение, сопряжённого высшего образования и технологий, которые в 1990-е гг. были в большой степени заимствованы Западом у отечественного авиационного двигателестроения. Единственное реально отвечающее сегодня за развитие науки в России ведомство – Министерство образования и науки (не ФАНО же и не бесправная РАН), которое в рамках Федеральных целевых программ финансирует целый ряд относящихся к энергетике тем НИР и ОКР. Как правило, контрактные работы предлагаются “снизу” потенциальными исполнителями. Далее, в том случае, когда требуется внебюджетное финансирование, инвестора находит опять-таки сам исполнитель работы, и это в большинстве случаев не ОГК⁵ и ТГК⁶. Заинтересован-

⁵ ОГК – оптовые генерирующие компании – семь экстерриториальных энергокомпаний, выделенных из РАО ЕЭС в процессе его реформирования.

⁶ ТГК – территориальные генерирующие компании. В состав ТГК входят главным образом теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые производят как электрическую, так и тепловую энергию. Функция территориальных генерирующих компаний – это производство электроэнергии для местных потребителей. Сегодня в нашей стране действуют 14 ТГК. http://www.kids.myenergy.ru/theory_and_power_practice/power_today/

ность Минэнерго в выполнении работ даже по ключевым технологиям, определённым правительством, никак не проявляется. Основная причина – государство ушло из генерации, а большинство ОГК и ТГК не имеют возможности и желания (из-за отсутствия конкуренции и монопольного положения) использовать новейшие разработки. К сожалению, в упомянутом постановлении правительства поручения министерствам касаются только организаций с определяющим государственным участием. А остальные генерирующие компании? Основа инновационного процесса цепочка (НИР → ОКР → головной образец → серия) разорвана. Без её воссоздания инновационный характер развития ТЭК, предусмотренный ЭС-2035 и распоряжением правительства, не реализуем.

Минобрнауки совместно с Минэнерго при участии РАН и ФАНО необходимо незамедлительно определить важнейшие направления отечественного инновационного развития, такие как упомянутые энергетические газотурбинные двигатели большой мощности, авиапроизводные газотурбинные двигатели средней и малой мощности, энергоблоки для совместной выработки электроэнергии, тепла и холода с коэффициентом использования топлива до 100%, комплексные энергоблоки на базе возобновляемых источников энергии, энерготехнологические и энергохимические комплексы совместной выработки электроэнергии и товарной продукции (синтетическое жидкое топливо, водород, химическая продукция), установки газификации различных углей, комплексы 100% переработки золшлаковых отходов угольных электростанций в товарную продукцию (сырьё для алюминиевой промышленности и стройматериалы). Список может быть продолжен.

В рамках каждого направления должен быть создан реализующий инновационную цепочку тематический кластер: головное конструкторское бюро, исследовательский институт или груп-

па институтов, испытательный полигон или полигон-электростанция, группа объектов ОГК и ТГК для серийного использования результатов конкретных разработок.

Может сложиться впечатление, что это огромная работа, требующая больших финансовых вложений. На самом деле это не так. Все перечисленные элементы инфраструктуры кластеров по перечисленным направлениям существуют. Необходима только политическая воля для их объединения, наделение Минэнерго необходимыми властными полномочиями лидера инновационного процесса в энергетике и чёткая схема финансирования этого процесса.

Для примера рассмотрим возможный состав и конкретные проекты кластера под условным названием: “Отечественные энергетические газотурбинные двигатели большой мощности и энергоблоки на их основе”. Главная роль в этом кластере должна принадлежать вновь создаваемому конструкторскому бюро, непосредственно связанному с Минэнерго. Зародыш такого КБ в настоящее время совместно создаётся МЭИ и ОИВТ РАН. Исходные кадры – бывшие сотрудники КБ “Газотурбинные технологии”, вынужденные временно уехать по контракту в Китай после ликвидации указанной организации. Основная задача КБ на первом этапе – разработка технического проекта газовой турбины (ГТ) мощностью 300÷350 МВт. В обоснование принимаемых технических решений с использованием в том числе системы финансирования через госконтракты в рамках ФЦП Минобрнауки могут выполняться конкретные НИР и ОКР по следующей тематике: малоэмиссионная камера сгорания, инновационный компрессор топливного газа, выполняющий роль регулятора мощности, паровая система охлаждения высокотемпературных элементов ГТ, газодинамическое совершенствование проточной части на основе 3D расчётов, совершенствование опор ротора, исключаяющее исполь-

зование маслосистемы и ряд других. Важно, чтобы создаваемое КБ принимало непосредственное участие в разработке ТЗ и затем в приёмке работ по контрактам в рамках ФЦП.

Выполнение указанных работ позволит сформулировать и основные решения, необходимые для широкого внедрения в энергетику модифицированных авиапроизводных газовых турбин, областью применения которых может стать распределённая генерация с энергоблоками средней и малой мощности. Естественно, что выполнение конкретных работ и основного технического проекта потребует привлечения многих научных, конструкторских и технологических организаций смежных с энергетикой отраслей.

Необходимо отметить одну особенность текущего момента. Приводимые в тексте примеры перспективных инновационных энергетических технологий предложены и разрабатывались при участии коллектива одного из академических институтов. Уверены, что и в других отраслях знаний академические институты не менее активно участвовали в разработке инновационных технологий. Однако сегодня ситуация существенно изменилась. Проведённая в 2013 г. в соответствии с решением правительства реорганизация РАН резко затормозила этот процесс. И дело даже не в том, правильны ли или не правильны конкретные шаги реорганизации. Основной вопрос в том, что будет создано. Сегодняшняя структура явно неравновесна, она создана по старому революционному принципу – "...разрушим до основания, а затем...". А вот что "затем", авторы реорганизации не сообщили, а может быть (скорее всего), не знают. Ведь не ради же создания административного монстра – ФАНО всё было затеяно. Конечная цель и конкретная реализующая её, пусть и в будущем, структура должны быть незамедлительно опубликованы. Без этого рассчитывать на активную роль потенциала огромного

числа научных работников вряд ли возможно. Возвращаясь к главному вопросу – новая ГТУ, отметим, что в качестве экспериментальной базы и полигона-электростанции целесообразно использовать площадку ТЭЦ-28 ОАО "МОСЭНЕРГО", созданную на базе экспериментальной базы ОИВТ РАН и переданную временно в Мосэнерго. На ТЭЦ-28 совместно ММП "Салют" и ОИВТ РАН в 2005–2009 гг. был создан энергоблок мощностью 60 МВт по технологии STIG⁷ на базе авиационного двигателя АЛ-21. В рамках Мосэнерго ТЭЦ-28 уже было присвоено звание полигона-электростанции. Однако решением ОАО "Мосэнерго", возможно под давлением Газпрома (нового хозяина Мосэнерго), работы были прекращены, оборудование демонтировано и ТЭЦ-28 с 2011 г. не работает. Есть все основания включить её в состав кластера и возродить в качестве полигона-электростанции.

Заделы по созданию аналогичных кластеров по перечисленным выше основным направлениям инновационного развития электростанции также существуют. При этом важно, чтобы кластеры создавались в тех регионах, которые наиболее заинтересованы в развитии конкретных технологий (например, угольные технологии – в Сибири и на Дальнем Востоке, комплексы с возобновляемыми источниками энергии – в Дагестане, утилизация и переработка золошлаковых отходов – на Южном Урале. Возможна и иная география их размещения.

Заслуживают внимания разработка и создание энерготехнологических и энергохимических комплексов совместной выработки электроэнергии и иной товарной продукции. За счет синергетического эффекта такие комплексы обладают исключительной

⁷ Фаворский О.Н., Батенин В.М., Зейгарник Ю.А., Масленников В.М. и др. Комплексная парогазовая установка с впрыском пара и теплонасосной установкой (ПТУ МЭС 60) для АО "Мосэнерго" // *Теплоэнергетика*. 2001. № 9.

эффективностью использования первичных энергоресурсов. Созданная в ОИВТ РАН в 2009 г. крупная демонстрационная установка по совместному производству электрэнергии и метанола подтвердила результаты прогнозов. Однако реализация головного промышленного образца оказалась невозможной, так как производимая продукция относится к разным ведомствам. Необходимо находить способы разрешения подобных ситуаций, которые будут возникать в ходе инновационного развития на стыках интересов. Поисковые конструкторские работы и отработка решений на базе экспериментальных полигонов должны заканчиваться созданием образцов нового инновационного оборудования, которые должны пройти всесторонние, в том числе и ресурсные, испытания. Только после этого частные энергетические компании будут рассматривать вопрос о его применении и использовании. Естественно, что при отсутствии результатов подобных испытаний отечественные разработки не выдерживают конкуренции с иностранными образцами.

Наконец, необходимо обратить внимание на ставшую исключительно острой проблему подготовки кадров. Современная система высшего образования, ориентированная на подготовку бакалавров и магистров, практически исключила понятие инженер (бакалавр – ещё не инженер, магистр – уже не инженер, специалист – нечто расплывчатое), которым гордились многие создатели современной энергетики. Необходимо срочно воссоздать инженерное образование и высокое звание инженера, восстановить систему среднего технического образования и рабочих специальностей.

К сожалению, позиция Минобрнауки, сформулированная на внеочередном съезде Российского союза ректоров (лето 2014 г.), не внесла ясности в этот вопрос. С одной стороны, провозглашается, что система инженерного

образования будет развиваться в сторону практико-ориентированных программ, прежде всего увеличения доли прикладного бакалавриата. А с другой – очень важно вернуться к высоким стандартам преподавания математики. На съезде ректоры, уже не удивляясь очередным “новациям”, восприняли эти “связанные железной логикой” положения философски. Но энергетику такой подход не устраивает. Поэтому можно только приветствовать и всячески поддержать инициативу Московского энергетического института по созданию Консорциума энергетического образования. Его цель – повышение качества и эффективности подготовки кадров по всему спектру энергетических специальностей от исследований до эксплуатации оборудования за счёт сетевого взаимодействия и сетевого использования материально-технических ресурсов. Инициатива поддержана всеми ведущими энергетическими вузами страны. Важно, чтобы к образовательной деятельности консорциума присоединились ведущие учёные и специалисты НИИ и РАН, а главное – энергетические компании предоставляли бы возможность студентам для прохождения содержательных практик и выполнения ориентированных на решения практических задач курсовых и дипломных проектов. Всё это возможно при скоординированной политике Минобрнауки и Минэнерго.

Всё перечисленное свидетельствует о том, что отечественная энергетика переживает глубокий системный кризис. Анализ его причин заслуживает отдельного исследования. Но меры, пусть и не полные, необходимо принимать незамедлительно. Мы уже не в первый раз указываем на необходимость реализации указанных мер⁸. Может быть теперь международные санкции заставят услышать наш голос.

⁸ Антропов А.П., Батенин В.М., Масленников В.М. “Основные причины низкой реализации инноваций в энергетике” // *Энергетическая политика*. 2012. № 1.