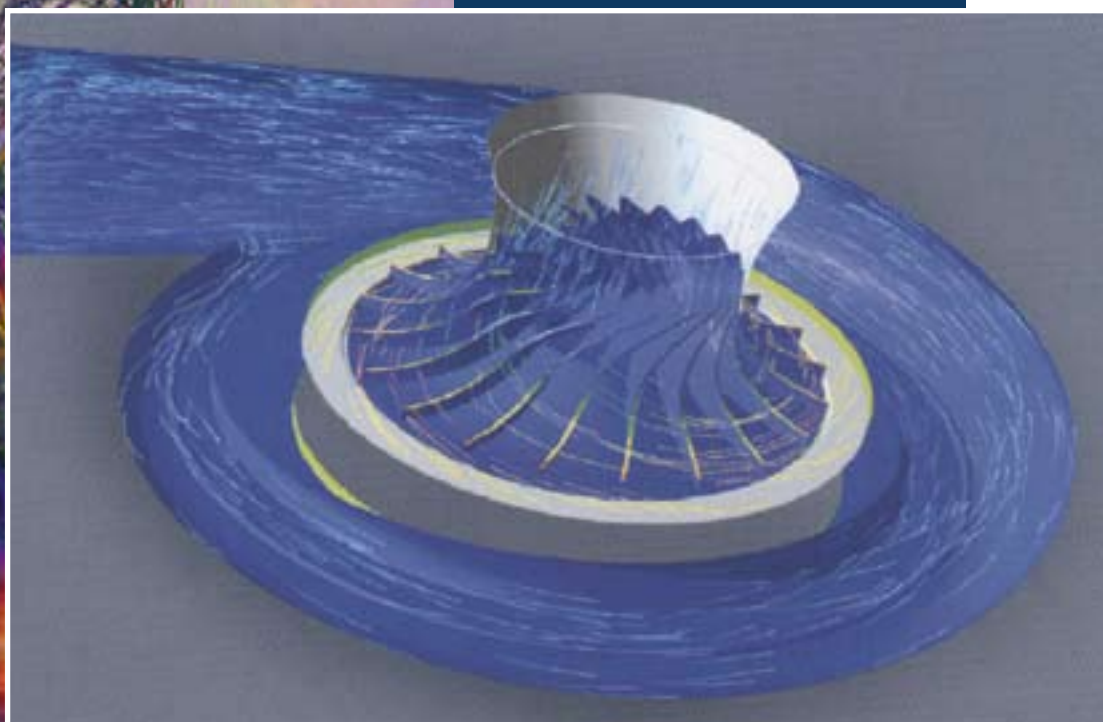
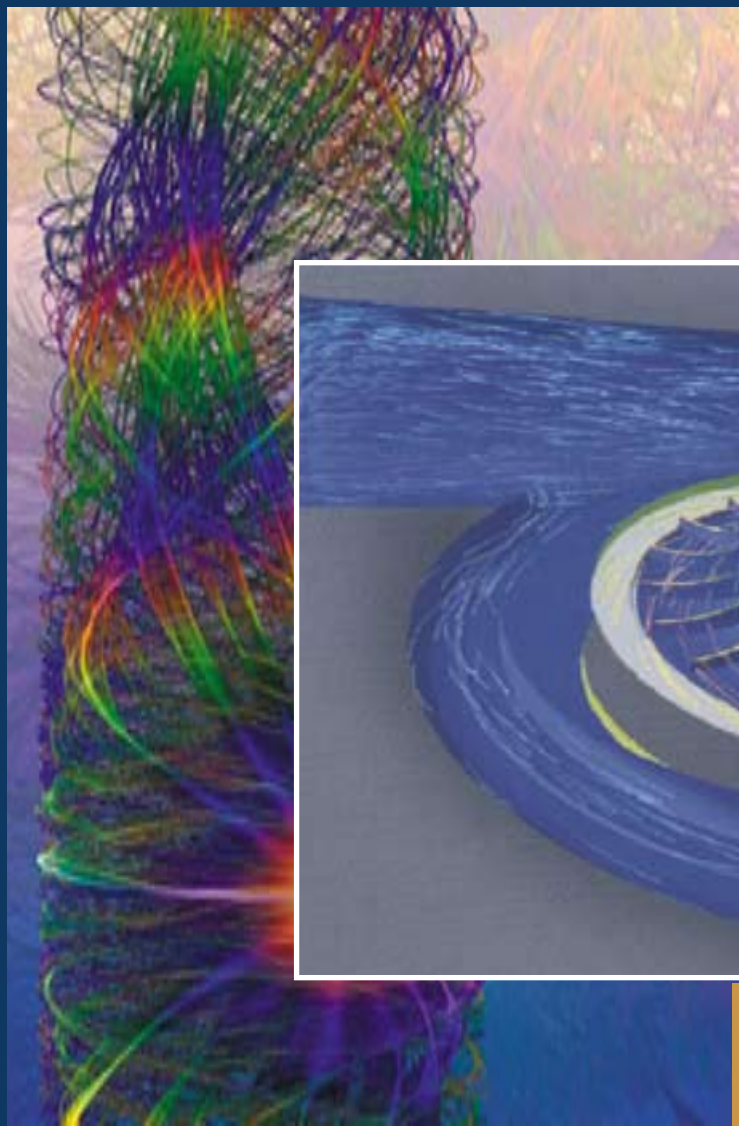


ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИОРИТЕТЫ

В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ:

опыт отраслевого Форсайта

А.В. Дуб, С.А. Шашнов



В статье рассматриваются результаты Форсайт-проекта, посвященного определению инновационных приоритетов для энергетического машиностроения. Их поддержка будет способствовать внедрению высокотехнологичных и ресурсосберегающих технологий, выпуску новой конкурентоспособной продукции и развитию экспортоориентированных производств.

Энергетическое машиностроение является одной из ключевых отраслей промышленности, обеспечивающей условия для устойчивого развития национальной экономики. Значимость отрасли в последние годы существенно возросла, что связано с необходимостью скорейшего решения многих проблем развития отечественной электроэнергетики, включая прежде всего замену физически изношенного и технически устаревшего энергетического оборудования, выработавшего расчетный ресурс, и создание новой прогрессивной техники на основе современных высокоэффективных экологически чистых технологий производства электроэнергии.

Энергетическое машиностроение охватывает совокупность предприятий-изготовителей, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций, которые создают оборудование для преобразования энергии первичного органического и неорганического (ядерного) топлива, гидроэнергии и нетрадиционных источников в электрическую и тепловую. Подготовка кадров для сектора осуществляется сетью вузов, техникумов и профессионально-технических училищ.

До начала 1990-х годов отрасль находилась под централизованным управлением государства, что обеспечивало заверченный цикл разработки, производства и внедрения современного энергооборудования. При этом государство стремилось гарантировать энергетическую безопасность и независимость за счет практически полного оснащения производственных мощностей сектора отечественным оборудованием.

Наиболее динамично энергетическое машиностроение развивалось до середины 1980-х годов. Предприятия отрасли ежегодно вводили до 12 гигаватт (ГВт) новых генерирующих мощностей. Выпускаемая продукция была конкурентоспособной на мировых рынках, ее экспорт составлял до 30% от общего объема производства. По масштабам финансирования отрасль занимала второе место после военно-промышленного комплекса, вложения в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки были сопоставимы с мировым уровнем и достигали 8% от объема продаж.

В 1990-е годы ситуация кардинально изменилась. Ежегодный ввод генерирующих мощностей сократился до 1.5 ГВт, а финансово-экономическое положение предприятий-изготовителей, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций резко ухудшилось. Государственные инвестиции в модернизацию производственно-технологической базы были заморожены, централизованное финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ практически прекращено, что привело к оттоку квалифицированных кадров, в первую очередь из научно-технического сектора. Действовавшие ранее механизмы управления и администрирования, обеспечивавшие опережающее развитие отрасли, были ликвидированы.

Вместе с тем накопленный производственно-технологический и научный потенциал (особенно в атомном секторе) давал возможность предприятиям вплоть

до последнего времени конкурировать на традиционных рынках энергомашиностроительной продукции. Их финансовая устойчивость определялась в значительной степени внешними заказами, что позволяло нивелировать последствия кризисной ситуации. Так, доля экспорта в объеме произведенной продукции и сервисных услуг в энергетическом машиностроении составляла от 50% до 70%.

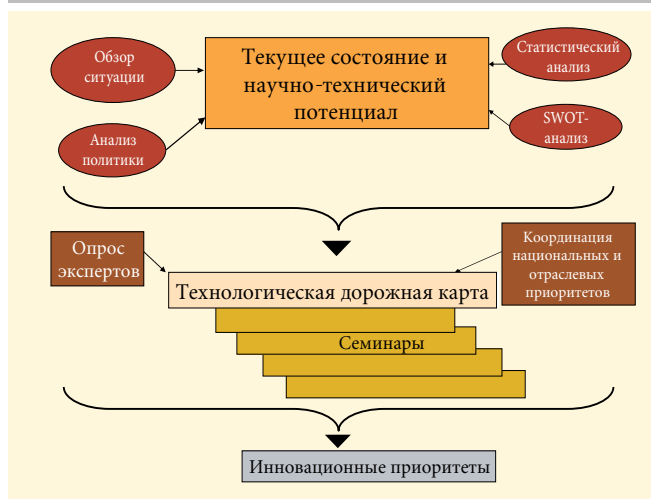
К настоящему времени созданный ранее научно-технологический задел практически исчерпан. Только отдельные предприятия и научно-исследовательские организации сохранили уровень, достаточный для производства конкурентоспособного энергетического оборудования. Нехватка собственных средств и отсутствие государственной поддержки привели к свертыванию поисково-ориентированных фундаментальных и прикладных исследований, что обусловило нарастающее техническое и технологическое отставание производства по основным видам отечественного энергооборудования от лучших зарубежных аналогов.

Сложившаяся структура отрасли не позволяет обеспечить единую технологическую цепочку по разработке, освоению и изготовлению оборудования для различных видов генерации энергии. При инерционном развитии энергетического машиностроения уже в краткосрочной перспективе его предприятия не смогут конкурировать с ведущими мировыми производителями не только на внешнем, но и на внутреннем рынке. В тепловой энергетике эта тенденция фактически реализуется на практике: РАО «ЕЭС» в своей инвестиционной программе уже ориентируется на зарубежных поставщиков оборудования, в первую очередь на Siemens и Alstom.

Анализ производственного, технологического и кадрового потенциала свидетельствует о наличии в энергетическом машиностроении системной проблемы, которая выражается в несоответствии отраслевой структуры, состояния производственно-технологической базы и научно-технического уровня выпускаемой продукции задачам модернизации установленных и вводу новых генерирующих мощностей в энергетике России. Необходим переход отрасли от инерционного пути развития к инновационному, что предполагает в качестве важнейшего условия идентификацию приоритетов, задающих будущие научно-технологические и производственные ориентиры, и их последовательную реализацию.

Целью одного из первых российских отраслевых Форсайт-проектов стала разработка методологии выбора важнейших направлений инновационного развития отрасли и ее апробация на примере энергетического машиностроения. Перечень подобных отраслевых приоритетов, учитывающих глобальные тенденции научно-технологического развития и конкретизирующих федеральные критические технологии, призван стать информационной основой для принятия управленческих решений о тематике и объемах финансирования прикладных исследований и разработок, а также крупных инновационных проектов, ориентированных на динамичное развитие отрасли и выпуск конкурентоспособной продукции.

Рис. 1. Формирование приоритетов: используемые методы и процедура



Выбор инновационных приоритетов: методы и процедура

Используемые методы. Выбор и реализация системы среднесрочных приоритетов научно-технологического и производственного развития энергетического машиностроения были осуществлены в результате комплексного использования нескольких Форсайт-методов, основным из которых стал метод технологических дорожных карт.

Два важнейших исходных требования определили выбор методологии исследования и используемых методов. Во-первых, инновационные, институциональные, организационные и финансовые приоритеты развития отрасли должны рассматриваться на фоне наиболее перспективных ее рынков. Во-вторых, используемый инструментарий должен позволять представить в наглядной форме основные этапы реализации поставленных целей вместе с совокупностью факторов и условий, влияющих на их достижение. Учитывались и итоги ряда зарубежных проектов, оценивающих перспективы научно-технологического развития в сфере энергетики и энергосбережения (см., например, [1, 2, 3]).

Как показывает практика, одним из наиболее адекватных инструментов достижения поставленной цели является метод технологической дорожной карты. Он был разработан компанией Motorola в конце 1970-х годов и в дальнейшем активно использовался для выработки отраслевых стратегий развития технологий, в том числе в энергетике [4, 5].

Для метода технологической дорожной карты характерны следующие особенности:

- нацеленность на выработку средне- или долгосрочной стратегии развития технологий на уровне отрасли или компании;
- моделирование развития от будущего к настоящему;
- построение модели в виде карты-маршрута, которая последовательно приводит к заранее установленной совокупности целей;

- акцент на согласовании временных координат развития рынков, продуктов, технологий, научных исследований и разработок;
- привлечение ограниченного числа экспертов самой высокой квалификации;
- использование стандартной процедуры построения карты (обычно, это серия из четырех семинаров).

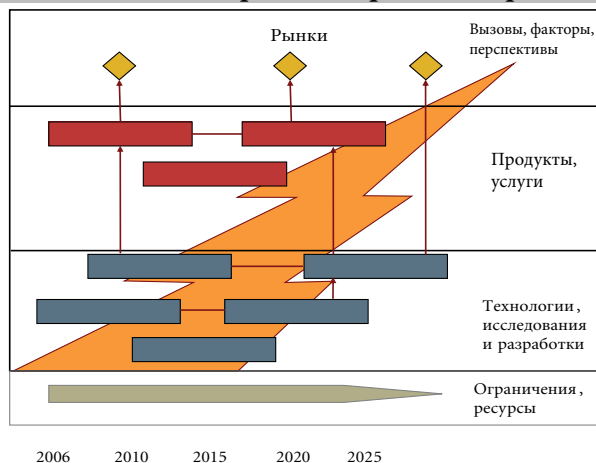
Содержание метода заключается в организации процесса стратегического планирования с участием экспертов, представляющих все основные сегменты бизнеса и сферы исследований и разработок, связанные с рассматриваемой отраслью. В рамках обсуждений, проходящих в несколько итераций, формируется «дорожная карта» – графическое представление в сконцентрированной форме этапов перехода от текущего состояния к дальнейшим фазам развития технологий в долгосрочной перспективе. При этом обеспечивается синхронизация развития технологий, продуктов, услуг и рынков. Важнейшим преимуществом этого метода является выработка согласованного видения долгосрочных целей развития отрасли или компании, возможность определения критических технологий и пробелов в технологиях, которые должны быть восполнены, и путей наиболее эффективного использования инвестиций в исследования и разработки за счет координации исследовательской деятельности.

Высокая наглядность метода (возможность представления всех этапов реализации в виде карты-маршрута), в свою очередь, является хорошей основой для подготовки плана действий по реализации намеченных целей. В его рамках можно достигать комплексного рассмотрения различных слагаемых инновационных приоритетов (рынков, продуктов, технологий, научных исследований и разработок).

Процесс отбора инновационных приоритетов был организован нами как многошаговая экспертиза с использованием нескольких Форсайт-методов, в том числе технологических дорожных карт (рис. 1).

Основной задачей начального этапа проекта являлся анализ текущего состояния отрасли и определение ее научно-технологического потенциала. В этих целях использовались такие методы, как обзор ситуации, анализ политики, статистический и SWOT-анализ [6]. Существенную роль здесь сыграли важнейшие на-

Рис. 2. Схема построения дорожной карты



правления развития энергетического машиностроения, обозначенные в стратегии развития энергетики до 2020 года, а также критические технологии Российской Федерации, относящиеся к приоритетным направлениям развития науки, технологии и техники «Энергетика и энергосбережение» и «Индустрия наносистем и материалов» [7, 8].

В итоге был сформирован предварительный перечень наиболее перспективных направлений развития энергетического машиностроения, его рынков, важнейших технологий и продуктов. Этот перечень в дальнейшем расширялся и конкретизировался в ходе опросов экспертов и проведения серии семинаров.

Процедура отбора. Процесс выбора и реализации инновационных приоритетов был организован согласно стандартной организационной процедуре метода дорожной карты, которая состояла из серии последовательных экспертных семинаров [9]. В них участвовали представители государственных органов, отраслевой науки, технологи и специалисты-практики – в общей сложности более 50 экспертов наивысшей квалификации с большим опытом работы в области энергетики и энергетического машиностроения.

В ходе экспертных дискуссий были рассмотрены средне- и долгосрочные перспективы развития внутренних и внешних рынков энергетического машиностроения; факторы, влияющие на их формирование; группы важнейших инновационных продуктов и услуг для них. Был предложен перечень перспективных продуктов для каждого из тех сегментов рынка, которые исследовались на начальной стадии. Для всех продуктов были выявлены наиболее важные характеристики, обуславливающие их конкурентоспособность.

Следующий этап был посвящен идентификации технологических решений, необходимых для производства важнейших продуктов энергетического машиностроения, и оценке уровня разработок в данной области. В процессе исследования уточнялся и конкретизировался перечень критических технологий применительно к специфике энергетического машиностроения, определялись дополнительные технологии и технические решения, необходимые для создания важнейших инновационных продуктов, происходила

координация инновационных приоритетов национального и отраслевого уровней.

Для получения дополнительной информации об отдельных сегментах рынка энергетического машиностроения был проведен опрос примерно 80 специалистов в ряде узких областей, по итогам которого составлен развернутый перечень наиболее перспективных продуктов (услуг) и уточнены их параметры. Все это позволило осуществить отбор ключевых технологий, реализация которых позволит российским производителям конкурировать на мировых рынках; составить технологические дорожные карты для нескольких перспективных групп продуктов энергетического машиностроения. При их подготовке использовалась схема, интегрирующая рынки, продукты, технологии, необходимые исследования и разработки, ограничения и ресурсы (рис. 2).

Разработанная методология и предложенные подходы, включая общую последовательность этапов, темы и содержание деятельности рабочих групп, принципы отбора экспертов, инструментарий, форму представления результатов, носят достаточно универсальный характер и в полной мере применимы к другим высокотехнологичным отраслям промышленности.

Перспективные рынки энергетического машиностроения и научно-технологические приоритеты

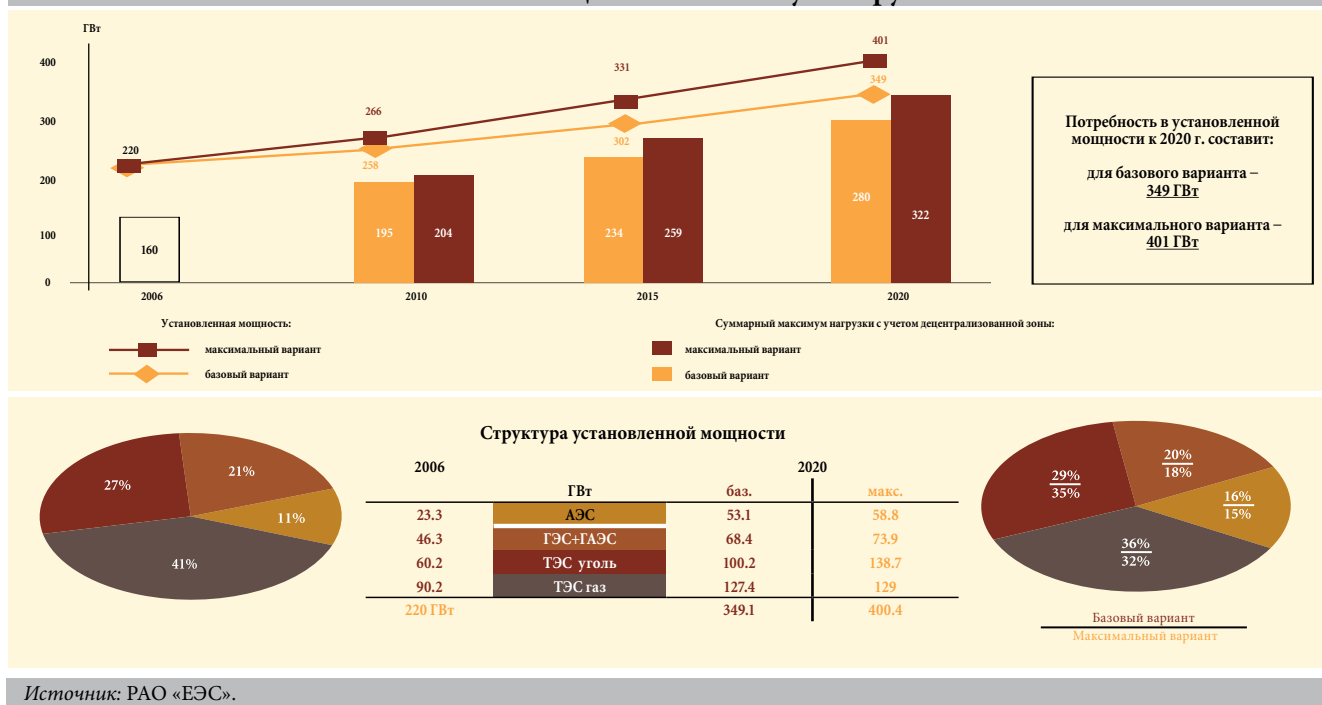
В качестве наиболее важных для российского энергомашиностроения в долгосрочной перспективе выделены четыре целевых рынка: внутренний, Индия и Китай, Ближний Восток, Латинская Америка. К технологическим приоритетам отнесены тепловая, атомная, гидро- и нетрадиционная энергетика; в рамках каждого из направлений определены стратегические инновационные продукты и услуги (рис. 3).

В 2008–2010 годах среднегодовой объем внутреннего рынка отрасли, согласно экспертным оценкам, составит порядка 8 ГВт оборудования, или в денежном выражении – около 4 млрд долл. В период с 2011 по 2015 год ожидается многократное увеличение его

Рис. 3. Технологические приоритеты и целевые рынки



Рис. 4. Установленная мощность и максимум нагрузки



Источник: РАО «ЕЭС».

объемов вследствие полномасштабной модернизации электроэнергетики в стране. Среднегодовой объем внутреннего рынка отрасли может увеличиться до 14 ГВт (7 млрд долл.). Он станет доминирующим для производителей энергомашиностроительной продукции (рис. 4), а удовлетворение внутреннего спроса – основным вектором деятельности для многих предприятий отрасли.

На внешних рынках стратегия предприятий энергетического машиностроения сводится к сохранению существующих позиций.

В азиатском регионе в настоящее время отмечается активное развитие всех отраслей электроэнергетики. В Индии, Китае и большинстве других стран Азии приоритетным является освоение гидроресурсов. В этих условиях наиболее вероятно участие российских предприятий в субподрядных работах по строительству ГЭС и атомных блоков.

Рынок Ближнего Востока растет преимущественно за счет строительства ТЭС на газе и модернизации существующих ТЭС на нефтетопливе. Здесь конкурентные позиции российских производителей ослабевают, поскольку в их продуктовой линейке отсутствуют газовые турбины, отвечающие местным требованиям, плохо налажены партнерские отношения с региональными строительными компаниями. Наиболее вероятные проекты в данном регионе – участие в развитии атомной энергетики.

В Латинской Америке преобладает гидроэнергетика. Позиции отечественных производителей на этом рынке были завоеваны благодаря массовому, но краткосрочному спросу на гидравлические мощности. Будущие возможности для российских компаний кроются в кооперации с местными производителями, а наиболее вероятные заказы – на оборудование для новых ГЭС.

С учетом перспектив развития внутреннего и внешнего рынков энергетического машиностроения важ-

нейшим стратегическим направлением для отечественной тепловой энергетики может стать внедрение высокоэффективных парогазовых технологий. Широкое применение парогазовых установок на электростанциях позволит осуществить коренную перестройку энергетики России, обеспечив экономию топлива и уменьшив его удельный расход на производство электроэнергии. В этих целях могут использоваться парогазовые и газотурбинные установки с применением высокотемпературных газовых турбин большой, средней и малой мощности, угольных блоков со сверхкритическими (545°C, 24 мегапаскаля (МПа)) и суперсверхкритическими (580–620°C, 28–32 МПа) параметрами пара, котлов с циркулирующим кипящим слоем и др.

На атомных электростанциях в средне- и долгосрочной перспективе будет происходить освоение энергоблоков мощностью 1200 и 1750 мегаватт (МВт) с тепловыми реакторами, а также энергоблоков мощностью 800 и 1800 МВт на быстрых нейтронах. Производство оборудования для атомных электростанций – одна из тех отраслей отечественной промышленности, которые конкурентоспособны на мировых рынках и имеют высокий экспортный потенциал.

Оборудование для гидроэнергетики, включая различные гидротурбины и гидрогенераторы, изготавливаемые предприятиями энергомашиностроения, по своей номенклатуре и конструкционным параметрам соответствует мировым стандартам. В то же время необходима активизация работ по созданию новых конструкционных материалов и усовершенствованию технологий производства.

Освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии предполагает развитие геотермальной энергетики, ветроэнергетических установок, использование энергии биомассы и бытовых отходов и др., которые могут найти применение на внутреннем и внешнем рынках.

Большое значение для всех подотраслей энергетического машиностроения имеет разработка критических материалов – конструкционных, никелевых сплавов для лопаток газовых турбин, высокохромистых сталей для паропроводов, роторов для паровых турбин из высокохромистых сталей, сварочных материалов.

По результатам экспертного обсуждения выделены ключевые технологии и конкретные технические решения, которые будут в наибольшей степени способствовать производству важнейших инновационных продуктов на перспективных рынках энергетического машиностроения. Некоторые из них приведены на рис. 5; они соотнесены с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники и критическими технологиями Российской Федерации.

Для детальной характеристики технологических приоритетов по видам генерации энергии подготовлено несколько дорожных карт: для угольных блоков со сверхкритическими (545°C, 24.5 МПа) и суперсверхкритическими (580–740°C, 30–35 МПа) параметрами пара, парогазовых установок и котлов с циркулирующим кипящим слоем.

Технологическая дорожная карта для угольных блоков со сверхкритическими и суперсверхкритическими параметрами пара приведена на рис. 6. В ней подробно отображены технологии, материалы, научные исследования и разработки, которые необходимы для создания соответствующих блоков.

В 2016 году предполагается начать практическое применение энергоустановок с суперсверхкритическими параметрами пара с рабочими температурами 700°C (сейчас эта величина составляет порядка 545°C) и значительно более высокими уровнями давления. Для достижения подобных характеристик нужны не только новые материалы (высокохромистые стали, никелевые сплавы), но и новые технологии металлургии, обработки давлением, термо- и механической обработки.

По оценкам экспертов, если отечественные предприятия не будут иметь соответствующие технологии

и не смогут выпускать указанное оборудование, то занимаемые ими рыночные ниши с высокой степенью вероятности захватят зарубежные производители.

Блоки со сверхкритическими параметрами пара обеспечены необходимыми отечественными материалами, оборудованием и технологиями. Что касается материалов и оборудования, ориентированных на суперсверхкритические параметры, они находятся на стадии опытно-промышленного освоения, аттестации и технологического внедрения на энергомашиностроительных предприятиях. В настоящее время системные исследования и разработки по соответствующим направлениям ведутся только Центральным научно-исследовательским институтом технологии машиностроения совместно с рядом отечественных предприятий и организаций (ОМЗ-Спецсталь, ЛМЗ).

Конкурентоспособные энергоблоки с парогазовыми установками к 2012 году должны иметь рабочую температуру 1250°C, а к 2025 году – уже 1350°C (сейчас предел составляет 1200°C). Для работы в таких температурных условиях нужны радикально иные технологии изготовления турбинных лопаток, их высокоскоростного охлаждения, газификации углей и т.п.

Принимая во внимание стратегическую значимость отрасли энергетического машиностроения, учитывая задачу его масштабного технического перевооружения, были предложены три альтернативных сценария финансирования отрасли до 2020 года.

Первый из них подразумевает оперативное проведение масштабного технического перевооружения и восстановление производственных мощностей в энергомашиностроении, а также завершение приоритетных научно-исследовательских и опытно-конструкторских проектов в срок до 2010 года. Далее предусматриваются инвестиции в поддержку производственных мощностей на уровне 15–20 млн долл. ежегодно и финансирование отраслевых НИОКР на уровне 8–10% от общего объема продаж отрасли. Подобная стратегия позволит восстановить отраслевой производственный и научный потенциал в

Рис.5. Взаимосвязь между национальными и отраслевыми приоритетами в рамках направления «Энергетика и энергосбережение»

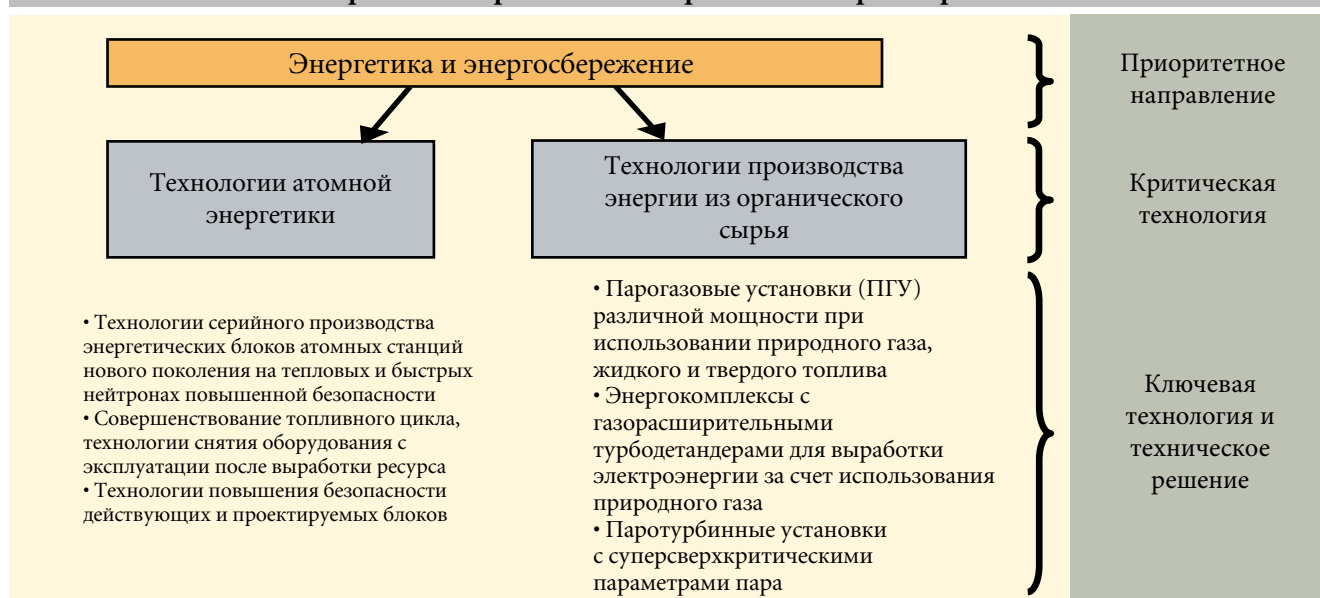
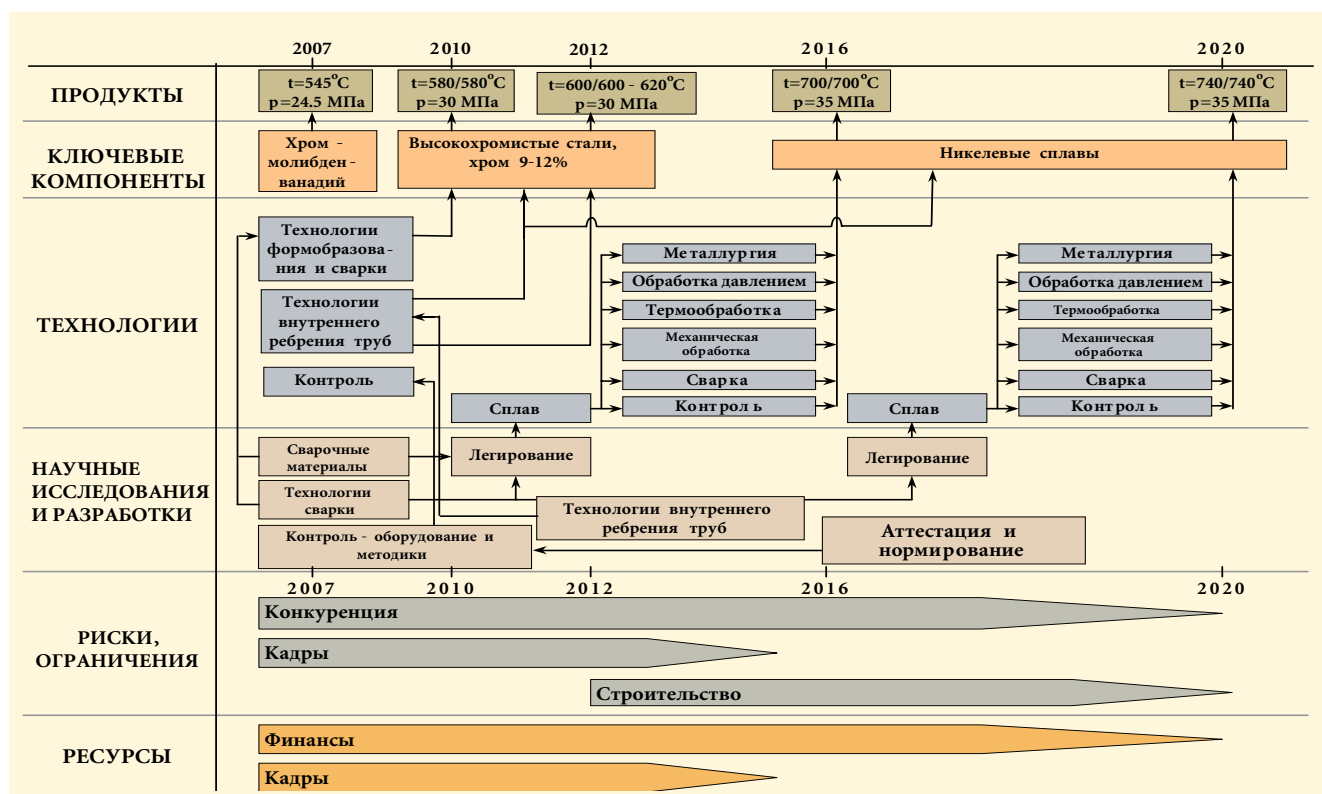


Рис. 6. Технологическая дорожная карта для паротурбинных установок на сверх- и суперсверхкритические параметры пара



обозримый период времени, но требует масштабных вложений уже в ближайшие два-три года на уровне 2–3 млрд долл.

По второму сценарию предполагается стабильное финансирование технического перевооружения и научных исследований и разработок – на уровне до 400–600 млн долл. ежегодно в течение всего периода 2006–2015 годов. Этот вариант допускает консолидацию существующих активов в единую корпорацию и постепенную модернизацию существующих производств с сохранением контуров и специализаций отдельных предприятий отрасли.

Третий сценарий предусматривает вложения в техническое перевооружение и модернизацию производственных мощностей отрасли в объеме 200 млн долл. в год в ближайшие 3–5 лет, далее умеренный бюджет технического обслуживания – до 15–20 млн долл. в год; расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы ограничиваются финансированием исключительно приоритетных проектов на уровне 200 млн долл. ежегодно. Подобный сценарий предполагает фокусирование отечественных производителей на ключевых операциях, реструктуризацию производства в целях его концентрации и широкую технологическую кооперацию с

глобальными производителями энергетического оборудования.

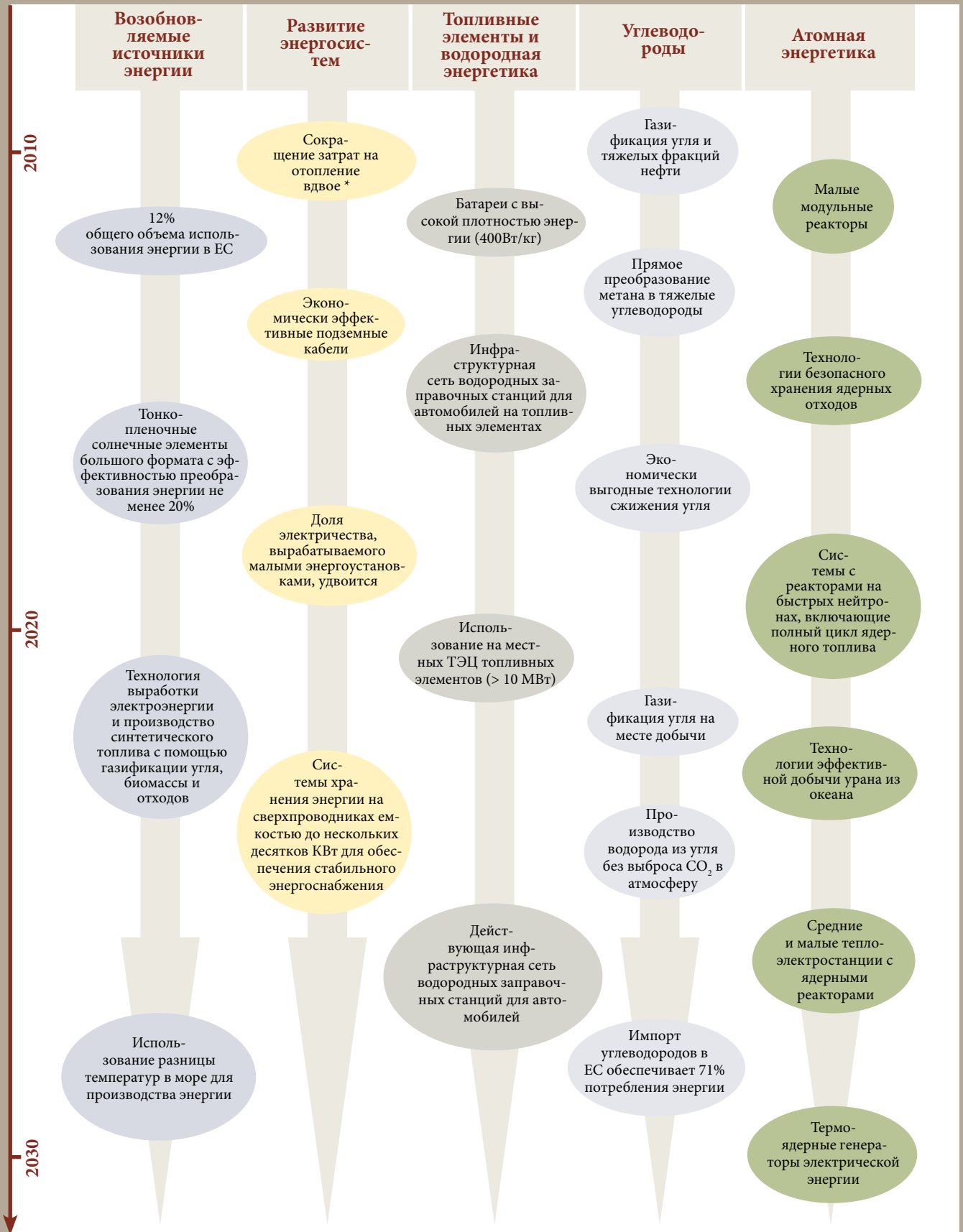
В результате обсуждения из предложенных вариантов большинством экспертов в качестве наиболее оптимального для энергетического машиностроения был выбран первый сценарий. Важнейшими задачами на среднесрочную перспективу названы: восстановление интегрированной структуры отрасли в соответствии с ее технологической цепочкой – от научных разработок до системы поставок и сбыта, услуг сервиса и инжиниринга – и создание системы непрерывной подготовки высококвалифицированных кадров.

В качестве инструмента реализации научно-технологических приоритетов целесообразно разработать и принять федеральную либо ведомственную целевую программу технологического профиля «Новое поколение материалов и оборудования для энергетики России». Это будет способствовать восстановлению отечественного энергетического машиностроения в качестве высокотехнологичной стратегической отрасли машиностроительного комплекса, обеспечивающей производство российского оборудования, конкурентоспособного и востребованного на внешнем и внутреннем рынках. ■

1. European Energy Futures 2030: Technology and Social Visions from the European Energy Delphi Survey. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
2. Louvet J.P. Les principaux résultats de l'étude "Technologies clés 2005". Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2000.
3. The 8-th Science and Technology Foresight Survey: Delphi Analysis. NISTEP Report № 97. Tokyo, 2005.
4. Foresighting Future Fuel Technology. APEC Center for Technology Foresight, Bangkok, 2006.
5. A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy System. US DOE Energy Research Advisory Committee, 2002.
6. UNIDO Technology Foresight Manual. Vol. 1. Organization and Methods. UNIDO, 2005.
7. «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года». Утверждена распоряжением Правительства от 28 августа 2003 г. № 1234-р.
8. Перечень критических технологий Российской Федерации. Утвержден Президентом РФ 21 мая 2006 г., Пр-842.
9. T-Plan: the fast start to technology roadmapping. Planning your route to success. Cambridge, 2001.

ЭНЕРГЕТИКА: ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО

По материалам зарубежных прогнозов



* Здесь и далее по сравнению с уровнем 2003 г.

Материал подготовлен А.В. Соколовым

Источники:

Материалы проекта European Energy Delphi (www.EurEnDel.net).

The 8th Science and Technology Foresight Survey, NISTEP Report № 97, Tokyo, 2005.