

УДК 621.311

Состояние и перспективы угольной и ядерной энергетик России (обзор)

В.В. Саломатов

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск

E-mail: vvs@itp.nsc.ru

Обобщены данные по современному состоянию угольной и ядерной энергетик России и перспективам развития до 2030 г. Подчеркивается, что основными энергоносителями в стратегическом плане будет уголь и урановое топливо. Дан прогноз энергопотребления в стране и приведена “дорожная карта” размещения на территории России вновь вводимых энергоблоков на ТЭС и АЭС.

Ключевые слова: энергоноситель, угольная энергетика, ядерная энергетика, электроэнергия, “дорожная карта”.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ И ОБЩЕМИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

В России с 2006 г. существует дефицит потребления энергии и возможностей ее производства. Эту ситуацию иллюстрирует рис. 1. Для предотвращения увеличивающегося дефицита энергии в Федеральную программу “Энергетическая стратегия России на период до 2020 г.”, принятую в 2003 г., вносятся коррективы. Недавно опубликован документ под названием “Целевое видение стратегии развития электроэнергетики России на период до 2030 года”, представляющий собой экспертный анализ [1], который по существу определяет концепцию энергетической стратегии России до 2030 г., в котором объединены и сбалансированы стратегические интересы страны и приоритеты потребителей, энергокомпаний, органов власти, участников смежных отраслей. Основным достижением документа является формулирование важнейших направлений и показателей долгосрочного развития российской электротеплоэнергетики для обеспечения надежного энергоснабжения страны с использованием современных технологий производ-

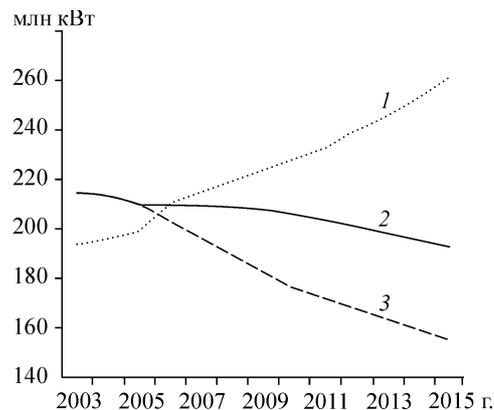


Рис. 1. Требуемая (1) и действующая (2) мощности в России по годам, мощность с истекшим сроком службы (3) [5].

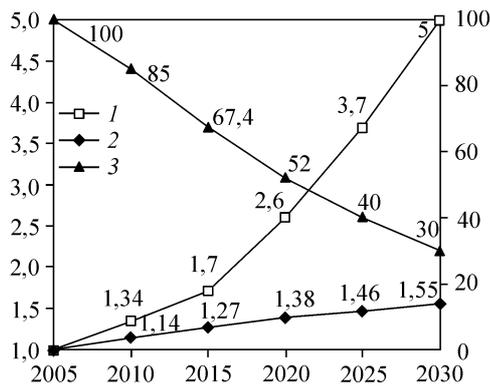


Рис. 2. Сценарий изменения ВВП, потребления ТЭР, снижения энергоёмкости по годам. ВВП (1), потребление ТЭР (2), энергоёмкость (3).

ства, транспорта и распределения электроэнергии и тепла, не уступающих по своим характеристикам лучшим зарубежным аналогам.

Особенности рассматриваемого этапа энергетики состоят в следующем:

- усиление позиций России в обеспечении глобальной энергетической безопасности,
- обострение конкуренции за энергоресурсы,
- приближающаяся стабилизация углеводородных ресурсных возможностей в мире,
- политическая нестабильность в регионах добычи энергоресурсов,
- развитие неуглеводородной энергетики,
- появление новых источников энергии, энергоносителей и энерготехнологий,
- необходимость перехода российского энергетического сектора на энергоэффективный путь развития,
- переход от принципов экологической безопасности к принципам экологической эффективности.

Целевое видение развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и макроэкономики России на период до 2030 года в этом документе представлено на рис. 2. Сегодня в мировое производство электроэнергии главный вклад дает уголь (40 %), заметно меньше — газ (19 %) и далее по 16 % атомная и гидроэнергетика (рис. 3). И в будущем (рис. 4) уверенное лидерство по приросту генерирующих мощностей будет принадлежать углю. Далее по приоритету идут газ, гидроэнергия и атомная энергия.

Одна из основных причин преобладания “экологически грязного” угля над “чистым” природным газом и другими видами топлива — оптимальное соотношение цен на топливо. Газ стоит гораздо дороже угля. Например, в США — в пять раз. Иная ситуация в России. Традиционно внутренние цены на газ ниже цены на уголь, что лишает стимулов развитие угольной энергетики. Из-за этого в России,

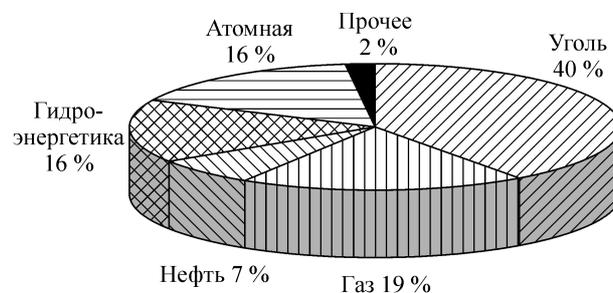
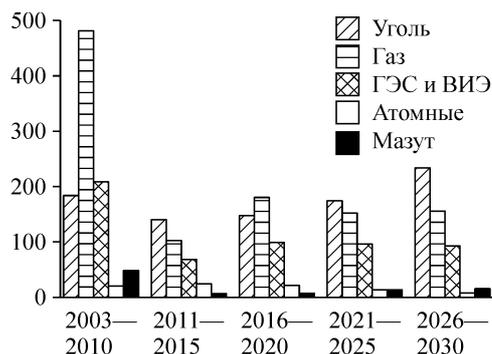


Рис. 3. Производство электроэнергии в мире по видам топлива.

Рис. 4. Прирост генерирующих мощностей в мире по видам топлива.



наоборот, наибольший вклад в производство электрической энергии вносит газ (52 %) и лишь 16 % — уголь. Однако и в Российской Федерации ситуация начинает меняться в сторону общемировых тенденций. Изменение структуры потребления первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в РФ на период до 2030 г. согласно последнему документу иллюстрирует рис. 5.

Опережающий рост потребления электроэнергии требует быстрого и масштабного ввода новых генерирующих мощностей, структура которых должна соответствовать требованиям повышения экономической эффективности и обеспечения энергетической безопасности страны. Главным критерием при выборе типа генерации являются экспертные оценки стоимости типовых энергоблоков, учитывающие реальный диапазон удельной стоимости их строительства в разных странах. Для угольных ТЭС диапазон удельных капиталовложений оценивается в 1200–1300 долл./кВт, для газовых станций он составляет 600–660 долл./кВт, для АЭС — 1500–1800 долл./кВт.

Для решения проблемы надвигающегося дефицита мощностей Правительство РФ утвердило в 2006 г. среднесрочную стратегию развития электроэнергетики РФ на период до 2010 г., предусматривающую ввод в эксплуатацию генерирующих активов суммарной мощностью более 20 млн кВт. Однако заделов здесь нет: за последние пять лет электроэнергетика России увеличила мощности всего на 7 млн кВт (и то, главным образом, за счет ввода ядерных энергоблоков), при том что Советский Союз вводил по 9 млн кВт в год. Общий объем средств, необходимых для реализации этой мощности, превышает 2,1 трлн рублей (включая развитие сетей). Сейчас установленная мощность работоспособных энергоблоков составляет 210,4 млн кВт. По прогнозам Института энергетических исследований РАН, к 2010 году потребность в генерирующих мощностях достигнет примерно 230 млн кВт, а к 2020 году — 300–317 млн кВт. Для обеспечения прогнозируемых

Для решения проблемы надвигающегося дефицита мощностей Правительство РФ утвердило в 2006 г. среднесрочную стратегию развития электроэнергетики РФ на период до 2010 г., предусматривающую ввод в эксплуатацию генерирующих активов суммарной мощностью более 20 млн кВт. Однако заделов здесь нет: за последние пять лет электроэнергетика России увеличила мощности всего на 7 млн кВт (и то, главным образом, за счет ввода ядерных энергоблоков), при том что Советский Союз вводил по 9 млн кВт в год. Общий объем средств, необходимых для реализации этой мощности, превышает 2,1 трлн рублей (включая развитие сетей). Сейчас установленная мощность работоспособных энергоблоков составляет 210,4 млн кВт. По прогнозам Института энергетических исследований РАН, к 2010 году потребность в генерирующих мощностях достигнет примерно 230 млн кВт, а к 2020 году — 300–317 млн кВт. Для обеспечения прогнозируемых

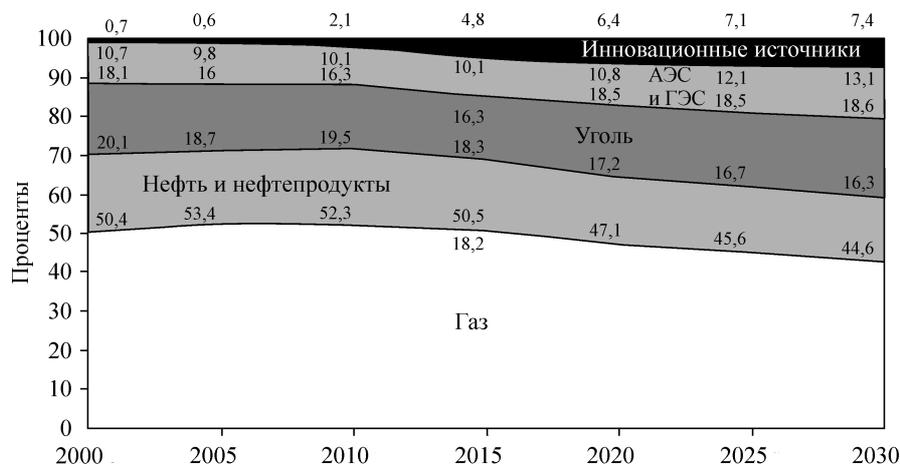


Рис. 5. Динамика потребления разных видов энергоносителей в России по годам до 2030 г.

уровней 2020 г. необходимо при умеренном варианте развития энергетики обеспечить ввод 121 млн кВт генерирующих мощностей. Прогноз на 2030 г. дает энергопотребление при ускоренных темпах развития экономики близкое к 3000 млрд кВт·ч, т. е. примерно втрое увеличению по сравнению с сегодняшним уровнем. Потребность в генерирующих мощностях при этом составит около 600 млн кВт.

В феврале 2008 года Правительство РФ утвердило “Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2020 г.”, так называемую “дорожную карту”. Общий объем финансовых ресурсов, необходимых для инвестиционных планов в соответствии с “Генеральной схемой” составляет 11,8 трлн рублей. Из них предполагается направить на развитие ГЭС 1131 млрд рублей, на строительство АЭС — 1737 млрд рублей, ТЭС — 3883 млрд рублей. На развитие распределительных сетей и сетей ОАО “Главсетьсервис ЕНЭС” планирует потратить около 5 трлн рублей. Это позволит к 2020 году увеличить установленную мощность генерации (с учетом вывода из эксплуатации устаревших мощностей) на 186 ГВт, построить 38,4 тыс. км высоковольтных линий электропередач для выдачи мощности с новых объектов электроэнергетики, 27,8 тыс км высоковольтных линий для усиления межсистемных и межгосударственных связей и повышения надежности электроснабжения потребителей при одновременном повышении эффективности использования топлива. Впервые в новейшей истории России энергетика имеет тщательно разработанный и сбалансированный план развития.

Прогноз электропотребления на период до 2020 г. по Российской Федерации приведен на рис. 6. Здесь же иллюстрируется территориальное распределение энергопотребления по округам.

Основные принципы и территориальные приоритеты развития генерирующих мощностей до 2020 г. приведены в табл. 1. С точки зрения инвестиционной привлекательности размещение угольных станций наиболее целесообразно в ОЭС Центра, Урала и Сибири. Существует два варианта размещения: строительство

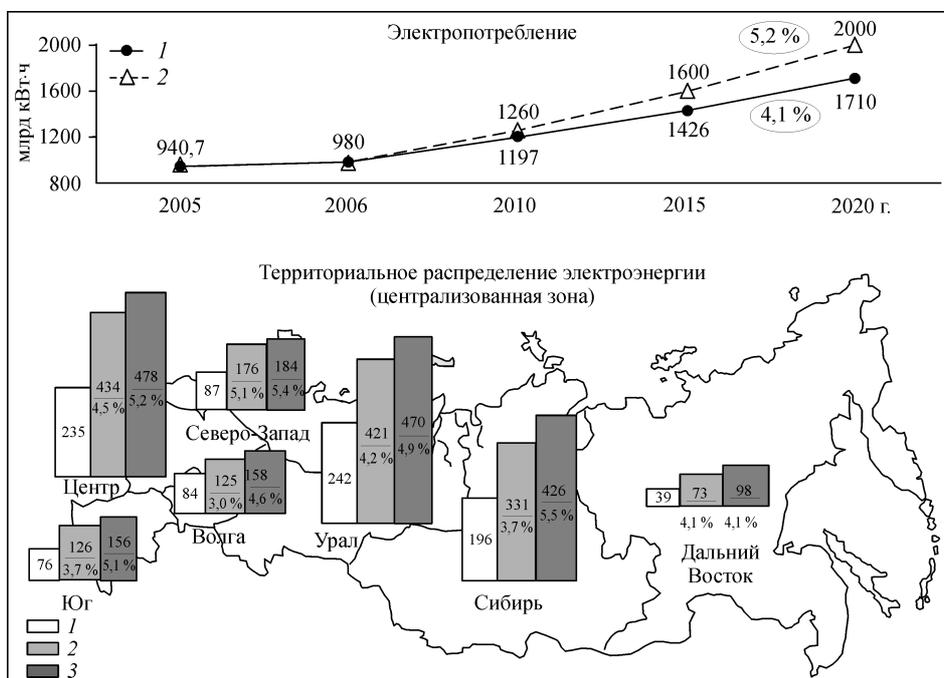


Рис. 6. Прогноз электропотребления (2006 г. (1)), базовое, среднегодовой прирост за 2006–2020 гг. (2), максимальное, среднегодовой прирост за 2006–2020 гг. (3) на период до 2020 г. и “дорожная карта”.

Таблица 1

Предельно возможное развитие доли генерации, не использующей органическое топливо (развитие атомной и гидрогенерации),

Прогрессивное сокращение доли ТЭС на органическом топливе сопровождается увеличением доли ТЭС на твердом топливе при интенсивном снижении доли газомазутных ТЭС,

Прогнозируемый рост мощностей ТЭЦ до 2020 года осуществляется за счет увеличения мощностей ПГ-ТЭЦ и ГТ-ТЭЦ на газе (газ используется для растущей потребности в тепле),

Почти весь прогнозируемый рост мощности КЭС в 2013–2020 гг. произойдет на угольных КЭС; газ используется для увеличения газовых КЭС в ближайшие 5 лет для ускоренного роста генерирующих мощностей.

Приоритеты территориального развития генерирующих мощностей:

Европейская часть России	Максимальное развитие АЭС и ГАЭС, техническое перевооружение газовых станций
Сибирь	Развитие ТЭС на угле и ГЭС
Дальний Восток	Развитие ГЭС, ТЭС на угле, а также газе (в крупных городах) с учетом разработки газовых месторождений.

станций, приближенных к потребителю, и строительство станций, приближенных к источникам топлива. Энергетические объекты, работающие на качественных углях, целесообразно размещать около крупных потребителей, а бурые угли, добываемые в Канско-Ачинском бассейне, Восточной Сибири, сжигать на месте добычи или перевозить на короткое расстояние. В Сибири для генерации электроэнергии рекомендуются энергетические блоки электростанций, модернизированные на сверхкритические параметры пара, а в европейской части — энергоблоки на суперсверхкритические параметры пара. В стратегическом плане необходимо развитие одновременно и угольной, и атомной, и гидроэнергетики с постепенным снижением роли газа. При этом мощности угольных станций должны возрасти с 40 % всех мощностей ТЭС в настоящее время до 47 % в 2020 г. при соответствующем снижении доли мощностей газомазутных станций. В долгосрочной перспективе в европейской части страны главным конкурентом тепловой генерации станут АЭС, размещаемые практически только в этом регионе страны. Здесь АЭС и новые угольные станции должны сочетаться с электропередачами постоянного тока из Сибири (от сибирских ГЭС и канско-ачинского угольно-энергетического комплекса). В ОЭС Урала парогазовые станции дополняются генерацией на привозных углях и сибирскими электропередачами. В Сибири и на Дальнем Востоке должны рационально сочетаться станции, работающие на местных углях, и ГЭС. Объем установленных мощностей до 2020 г. прогнозируется в 340,4 ГВт, что показано на рис. 7.

В итоге следует общее заключение, что ускоренное развитие электротеплоэнергетики России связано, прежде всего, с ТЭС на низкосортном угле и АЭС с делением уранового топлива под действием нейтронов, имеющими уже на данный момент мощную сырьевую базу и научно-технические заделы для успешного

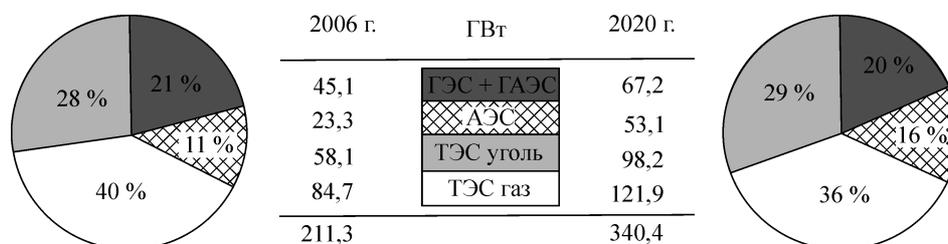


Рис. 7. Структура установленных мощностей России до 2020 г.

решения проблем экологии и безопасности. Гидрогенерация имеет длительный инвестиционный цикл.

ТЭС, работающие на угле, оказывают негативное воздействие на среду обитания, недопустимое во многих случаях сегодня, а тем более в будущем. Перспективные энергетические технологии и оборудование должны разрабатываться так, чтобы их воздействие на природу было минимальным и соответствовало современным и планируемыми санитарным нормам. Выполнение этих требований экономически оправданными средствами встречает большие трудности. Для их преодоления необходима сбалансированная стратегия создания крупных экологически чистых угольных электростанций.

Развитие ядерной энергетики, особенно на данном этапе после известных тяжелых аварий на АЭС, обязано быть акцентировано на решение главной проблемы — безопасности для населения и природы. Повышение безопасности АЭС должно быть комплексным, что в настоящее время сформулировано концептуально. Дальнейшее становление ядерной энергетики связано с реакторами нового поколения, обладающими внутренне присущими им свойствами безопасности (по терминологии МАГАТЭ — это “всепрощающий” реактор).

2. УГОЛЬНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ В РОССИИ

В результате появления “Целевого видения...” сложилось новое понимание развития российской энергетики, которое формулируется следующим образом: сокращение потребления газа и мазута за счет ускоренного развития угольной энергетики (то, что называют второй угольной волной) и далее по приоритету — атомной и гидроэнергетики. Традиционно в силу большой составляющей газа в энергетике России его роль будет по-прежнему велика. Главный тезис здесь — повышение эффективности ТЭС на газе за счет модернизации, но не массовое строительство новых станций на этом энергоносителе. К 2030 г. доля газа упадет до 44 %, а доля угля вырастет до 19 %. Конечно, этот процесс должен сопровождаться регулированием цен на топливо. Динамика развития угольных и газовых ТЭС до 2020 г. показана на рис. 8.

Необходимая потребность в топливе для ТЭС до 2020 г. приведена на рис. 9. Главное требование в области топливоиспользования: на базе перспективных технологий путем строительства новых и глубокой модернизации части существующих тепловых электростанций добиться снижения доли газового топлива при выработке электроэнергии.



С учетом масштабов развития электроэнергетики доля газа в используемом органическом топливе будет снижаться с 68 % в настоящее время до 58–44 % в 2030 г. с ростом доли угля с 25 % до 38–48 %. Уже к 2015 гг. предполагается увеличить ввод электрогенерирующих мощностей на угле в 10 раз. При этом расширяется экономическая ниша для использования атомной и гидроэнергетики.

Рис. 8. Темпы роста мощностей угольных и газовых ТЭС до 2020 г.

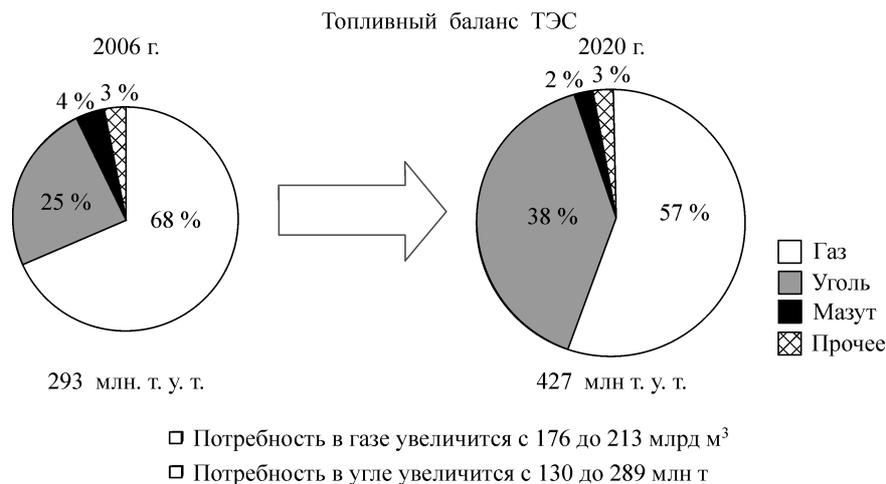


Рис. 9. Потребность в топливе для ТЭС.

Большинство российских угольных станций имеют физически и морально устаревшее оборудование, не соответствующее современному технологическому уровню. Их КПД составляет порядка 34–36 %, к тому же они имеют высокий процент вредных выбросов. Необходимость повышения эффективности работы станций и ужесточение экологических норм требуют развития новой угольной генерации на базе современных технологий сжигания угля. При реконструкции и строительстве новых угольных станций рекомендуется внедрять крупные энергоблоки на суперсверхкритические параметры пара, а для энергоблоков меньшей мощности (до 300 МВт) — котлы с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС). Без этих технологий строить новую угольную генерацию не имеет смысла.

Следует особо подчеркнуть, что по ряду новых технологий отставание в Российской Федерации стало критическим. Например, технология ЦКС, позволяющая энерго- и эколого-эффективно сжигать низкосортное твердое топливо, активно внедряется за рубежом с 80-х гг. XX века. Там уже работает более 500 котлоагрегатов. За счет низкотемпературного сжигания технология выработки электроэнергии дополнительно обеспечивает снижение вредных выбросов и не требует установки дорогостоящих и громоздких систем газоочистки. В России аналогичные разработки из-за хронического недофинансирования в свое время научных исследований по ЦКС и до сих пор, в лучшем случае, находятся на стадии опытных образцов. Поэтому на настоящий момент в РФ пошли по пути (не самому оптимальному) закупки за рубежом технологий производства такой энерготехники. Так, ОАО «ЭМАльянс» (объединивший Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик», инжиниринговый проектно-конструкторский центр «ЗИОМАР», машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» и др.) и французский концерн Alstom подписали соглашение о сотрудничестве. Ближайший проект — организация и наладка производства энергоблоков с технологией ЦКС, разработанной Alstom. По планам на предстоящее десятилетие в Российской Федерации собираются построить 120 энергоблоков общей мощностью 41 ГВт, работающих по схеме ЦКС.

За 15–20 лет большая часть вводов новых мощностей для крупных энергоблоков (от 400 МВт и выше), как уже отмечалось, будет осуществляться на базе технологий традиционного пылеугольного факельного сжигания. Только теперь планируется устанавливать энергоблоки, рассчитанные на сверхкритические (25 МПа и 565 °С) и суперсверхкритические (30 МПа и свыше 600 °С) давление

и температуру пара. Суперсверхкритика обеспечивает повышение КПД угольных станций с нынешних 34–36 % до 44–46 %. Такой рост КПД делает новую угольную генерацию экономически конкурентоспособной с другими видами генерации. С учетом необходимой подготовки производства возможности отечественного энергетического машиностроения позволяют изготавливать соответствующее оборудование.

Анализ технико-экономических показателей приводит к выводу, что техническое перевооружение действующих ТЭС предпочтительнее нового строительства по капитальным затратам и срокам строительства: в зависимости от вида топлива затраты на техперевооружение составят величину, меньшую в 1,5–2 раза. При техническом перевооружении могут использоваться: бинарные парогазовые установки в качестве замещающей мощности; бинарные парогазовые установки с использованием действующих паровых турбин, электрогенераторов и вспомогательного оборудования; газотурбинные надстройки действующих энергетических котлов. Технические решения по обновлению угольных ТЭС в программе 2020 г. с учетом отмеченных тенденций приводятся в табл. 2.

Традиционно репутация угольной энергетики страдает из-за проблем с экологией. Имеются два серьезных экологических ограничения. Первое — зола, но ее можно утилизировать в дорожное строительство и стройматериалы, и так с ней поступают в большинстве развитых странах. Второе — оксиды азота, которых выбрасывается больше, чем при сжигании газа. Однако в мире этим проблемам уделяется повышенное внимание. Так, в США в стадии завершения многомиллиардная программа по чистым угольным технологиям [2]. В России также есть разработки, которые необходимо внедрять. В нашей монографии [3] предлагается на базе ТЭС создавать межотраслевую техническую систему — энергоагропромплекс, которая включает перспективные технологии сжигания и очистки дымовых

Таблица 2

Технические решения по обновлению угольных ТЭС

Действующие энергоблоки	Тип энергоблока					
	К-800	К-500	К-300 (Т-250)		К-200	
Расчетный КПД, %	39,0	38,5	38,5		37,0	
Расчетный уд. расх. усл. топл., г/кВт·ч	315	319	319		330	
Среднеэксплуатационный КПД, %	–	36,1	33,3		–	
Выбросы, мг/нм ³ , не более	золы	400–1000	400–1000	400–1000		400–1000
	SO ₂	2000	2000	2000		2000
	NO _x	700	1100	1100–1300		700
Перспективные энергоблоки						
Мощность, МВт	800–100	550–650	350		225	
Давление пара, МПа	28–30	28–30	28–30	28–30	14,0	
Температура перегретого пара, °С	600	600	600	580–600	565–585	
Тип угля	Куз/Ка	ЭК	КА/Куз	Низкосорт	КА/Куз	Низкосорт
Способ сжигания	Пылевое	Пылевое	Пылевое	ЦКС	ЦКС	Пылевое
КПД, %	46–44	46	43–45	41–43	41–42	40–41
Выбросы, мг/нм ³ , не более (в зависимости от вида топлива)	золы	50–100	50–100	50–100	50–100	50–100
	SO ₂	400	400	400	400	400
	NO _x	200–350	200–400	400	400	400
Наличие сероочистки	Да	Да	Да	Нет	Да	Нет

газов, утилизацию отходов и замкнутость жидких стоков и др. Это практически безотходная интегрированная система с наивысшими эколого-экономическими показателями. Известно, что стоимость оборудования для очистки газов составляет примерно 30 % стоимости энергоблока, а технологические мероприятия по их снижению на стадии сжигания — 10 % стоимости. К тому же, российские угли имеют неоспоримое преимущество — в них мало серы.

Чистые угольные технологии [2] помогут решить также проблему выбросов парниковых газов, прежде всего, углекислого газа. Развитие чистых технологий в этом направлении ведется по трем направлениям. Первое направление — суперсверхкритические параметры сжигания пылеугольного топлива. Они уже хорошо проработаны, активно внедряются и сокращают выбросы углекислого газа примерно на 25 %. Вторым, развивающимся на Западе, направлением является технология интегрированного цикла комплексной газификации угля, IGCC — преобразование угля в газ. Углекислый газ и все выбросы удаляются на этапе газификации и/или после нее, а газ сжигается. Технология отработана на опытных станциях, но в промышленных масштабах ее ввод планируется после 2010 г. Третье направление — проработка возможностей улавливания и подземного хранения углекислого газа в геологических пустотах. Пока на эту тему есть только американский проект “FutureGen”, опытные образцы таких хранилищ еще не построены. Вошедшие в проект компании вместе с государством собираются построить первое хранилище к 2012 г. Аналогичный проект существует в Европе, но раньше 2020 г. вряд ли эта технология будет внедрена в серийное производство. Подробное описание всех указанных выше проблем представлено в недавно вышедшей коллективной монографии [4].

3. ЯДЕРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ В РОССИИ

Решение проблемы энергетической безопасности страны согласно основополагающему документу “Целевое видение...” связано также с наращиванием мощностей ядерной энергетики и увеличением доли ее выработки до 25 % к 2030 году. Для ее реализации была принята среднесрочная Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007-2010 годы и на перспективу до 2015 года». К окончанию срока реализации ФЦП на российских АЭС должны быть введены в эксплуатацию десять новых энергоблоков общей мощностью свыше 11 ГВт, еще десять энергоблоков будут находиться на разных стадиях строительства. Общая установленная мощность АЭС к 2015 году должна составить более 33 ГВт. Доля электроэнергии, производимой АЭС, будет равняться 18,6 % общего объема производства электроэнергии в РФ. Чтобы достичь 25 %-го уровня выработки электроэнергии, необходимо до 2030 года построить порядка 40 энергоблоков АЭС. Создается мощная корпорация “Атомэнергопром”, которая будет включать: предприятия, осуществляющие добычу урана, фабрикации топлива, производство электроэнергии, строительство АЭС в России и за рубежом, проектные и научные организации, заводы атомного машиностроения. Под эту программу на первом этапе ее выполнения закладывается более 1,4 триллиона бюджетных рублей.

На рис. 10 показан темп роста установленных мощностей атомной генерации до 2020 г. Чтобы подтвердить обоснованность планов по масштабному строительству новых АЭС, которое Государственная Дума РФ назвала еще одним национальным проектом, необходимо привести доказательные доводы. Учитывая, что Россия является самой холодной страной мира, имеет из всех государств самую протя-



Рис. 10. Темпы роста атомной генерации до 2020 года.

женную границу, 11 временных поясов, новые сырьевые месторождения, расположенные на необжитых и труднодоступных территориях, страна должна строить свою перспективу, в том числе и ядерно-энергетическую.

Всего пять стран в мире обладает полным циклом ядерных технологий. Россия с ее опытом, кадрами и технологиями, как считает правительство РФ, должна занять на этом рынке достойное место и уже на первых этапах современного развития ядерной энергетики выйти на уровень 20-процентного производства мирового объема электроэнергии. Важными событиями для России в этом ряду также явились: выигрыш холдингом “ТВЭЛ” двух тендеров на поставку ядерного топлива для АЭС в Чехию и Финляндию, а также тендера на строительство двух энергоблоков в Болгарии; сохранена позиция России по строительству АЭС в Иране, первый энергоблок которой планируется ввести в этом году; сегодня по технологиям, на оборудовании и с участием России также строятся два энергоблока в Китае, два — в Индии.

Проблемы использования ядерной энергии в производстве электричества и тепла связаны, в основном, с экологией, экономикой и безопасностью.

Первый аспект — экологический. Существенное достоинство ядерной энергетики (ЯЭ), во-первых, заключается в том, что АЭС не выбрасывают в атмосферу парниковые газы. Во-вторых, на АЭС не “сжигается” кислород. Каждая сожженная тонна угля забирает годовую потребность в кислороде 10 человек. Уже сейчас некоторые территории Земли в промышленно развитых странах расходуют кислорода значительно больше, чем его продуцируют. В-третьих, выбросы в окружающую среду образовавшихся радионуклидов, рассматриваемые обычно в качестве основного негативного аспекта ядерной энергетики, в большей степени характерны для ТЭС. Из данных по Германии следует, что среднегодовые индивидуальные дозы облучения в районе расположения их ТЭС электрической мощностью 1 ГВт колеблются в пределах 5–50 мкЗв (0,5–5 мбэр), что превышает аналогичную дозу вблизи АЭС в 7–10 раз.

Второй аспект. Выгодна ли атомная энергетика экономически? Результаты анализа показывают, что использование ЯЭ во всех регионах России западнее Урала целесообразнее использования энергии на органическом энергоносителе, а в районах Урала конкурентоспособны оба варианта.

Третий аспект. Чрезвычайно важна деятельность ядерной отрасли по решению ключевых проблемных вопросов, относящихся к атомной энергетике: безопасность, удаление радиоактивных отходов.

Развитие надежной сети обеспечения ядерной безопасности в течение последних двух десятилетий, в том числе и на отечественных АЭС, оправдало себя, что привело, по оценке МАГАТЭ, к повышению общего уровня ядерной безопасности. Сохранение высоких показателей безопасности имеет принципиальное значение для того, чтобы атомная энергетика осталась жизнеспособным вариантом электро- и теплоснабжения.

Обращение с отработанным ядерным топливом и его захоронение все еще остается проблемой ядерной энергетики. Если сравнить количество отработанного ядерного топлива, ежегодно появляющегося во всем мире и составляющего, по данным МАГАТЭ, 12 тысяч тонн, с 25 миллиардами тонн золошлаковых отходов

при сжигании ископаемого топлива, то количество ядерных отходов кажется сравнительно небольшим. Но общественное мнение, похоже, останется скептическим до тех пор, пока первые хранилища в геологических структурах земли не будут введены в эксплуатацию, а надежность технологий захоронения не будет полностью продемонстрирована.

Четвертый аспект — влияние, которое оказывает общественность на выбор энергетической стратегии своей страны. Тяжелые ядерные аварии на АЭС “Трехмильный остров” в США и на Чернобыльской АЭС, где человеческий фактор оказался решающим, стали сильным ударом, после которого репутация атомной индустрии так и не была полностью восстановлена. Несмотря на множество мер, предпринятых с целью исключения возможности повторения аварий в дальнейшем, указанный риск присутствует, как и в других опасных производствах, продолжая отягощать общественное сознание.

Очень часто ЯЭ противопоставляется, особенно в СМИ, возобновляемым энергоисточникам. В действительности ядерная энергетика не может рассматриваться как конкурент возобновляемых источников энергии, таких как ветровые, солнечные и геотермальные станции. Проблема заключается в том, что до сих пор не были наглядно продемонстрированы потенциальные возможности ни одного возобновляемого источника, способного обеспечить базовую мощность электроэнергетики, необходимую для замещения крупных электростанций, работающих на ископаемом топливе.

Возобновляемые источники, по мировым прогнозам, будут иметь вспомогательный, прежде всего, региональный характер. Несмотря на привлекательность энергии солнца, ветра, горных рек, океанических приливов и других, якобы бесплатных и чистых источников энергии, экологические последствия их использования весьма проблематичны. Так, гидроэнергетика наносит ущерб окружающей среде затоплением огромных территорий плодородных земель, пойменных лугов, климатическими изменениями, нарушением водного баланса. В истории гидроэнергетики имели место крупнейшие катастрофы. В Европе разрушение плотины в Волтонте (Италия) привело к гибели приблизительно 3 тыс. жителей, а авария на плотине в Морви (Индия) унесла жизни 15 тыс. человек. Ветровые станции негативно влияют на флору и фауну в зоне их размещения. Так, в штате Огайо (США) построена крупнейшая в мире ветроэнергетическая установка мощностью 10 МВт. От ее шумового воздействия в радиусе нескольких километров снизилась численность птиц и насекомых, население рядом с ВЭС оказалось подверженным воздействию инфразвука, совпадающего с биоритмом головного мозга и вызывающего серьезные психические заболевания. Недолго проработав, установка была продана на слом. Использование энергии солнца из-за низкой ее плотности требует отчуждения огромных территорий. Так, для строительства СЭС мощностью 1000 МВт (эл) в средней полосе Европейской части при КПД 10 % необходима минимальная площадь в 67 км².

Перспективы же развития ЯЭ основываются на следующем:

– урановых и ториевых руд хватит на несколько столетий при существующей технологии их использования на серийных ядерных реакторах и на тысячелетия, если они будут служить для быстрых реакторов-размножителей,

– воздействие ядерной энергетике на окружающую среду в нормальном режиме эксплуатации уже сегодня минимально и поддается контролю.

В настоящее время определяющая роль в производстве электроэнергии в мире принадлежит тепловой энергетике на органическом топливе. Такая ситуация, очевидно, сохранится и в обозримой перспективе. В структуре современного

мирового производства электроэнергии ТЭС составляют 64,1 %, АЭС — 16 %, ГЭС — 16 %. В России просматривается та же тенденция по выработке электроэнергии: на долю ТЭС приходится 75 %, АЭС — 12 %, ГЭС — 13 %. Прогнозируемое истощение органического топлива служит мощным стимулом поиска других альтернативных энергоносителей. ЯЭ в этом ряду — самый масштабный технологически и технически освоенный энергоисточник, способный обеспечить все возрастающие потребности в электрической и тепловой энергии на тысячелетия.

В настоящее время в мире эксплуатируется 442 атомных энергоблока. На сегодняшний день перспективы расширения атомной энергетики связаны с Азией. 16 из 27 строящихся во всем мире энергоблоков расположены в Индии, Японии, Южной Корее и Китае (включая Тайвань). В Азиатско-Тихоокеанском регионе также находятся 22 из 31 реактора, которые будут подключены к сети энергоснабжения. В противоположность этому, в Западной Европе и Северной Америке строительство объектов атомной энергетики заморожено.

Значительные достижения за последние годы в области безопасной эксплуатации и экономических показателей стали существенной движущей силой в принятии решений о продлении лицензий на функционирование АЭС. Так, в США за последние 5 лет 26 атомных станций получили лицензии на продление срока работы на 20 лет, а в отношении еще 50 АЭС высказано намерение продолжить их эксплуатацию.

За прошедшие годы в большинстве стран отношение к ядерной энергетике изменилось в лучшую сторону. Об этом говорят результаты опросов общественного мнения. В Финляндии 38 % опрошенных высказались за сохранение действующих АЭС, 88 % выступили за развитие атомной энергетики. Во Франции поддерживают атомную энергетику свыше 70 %, в США — около 80 %. Такой же высокий рейтинг АЭС в Великобритании, Японии, Южной Корее и ряде других экономически развитых стран. В Швейцарии в мае прошлого года жители высказались на референдуме за ядерную энергетику. Однако четыре другие западноевропейские страны — Бельгия, Германия, Нидерланды и Швеция — в настоящее время придерживаются политики отказа от ядерной энергетики, а некоторые страны, включая Австрию, Данию и Ирландию, проводят политику запрета атомной энергетики. Опрос Всероссийского центра изучения общественного мнения РФ показал, что число россиян, считающих, что ЯЭ способствует экономическому росту России, выросло с 12 до 24 %. 19 % граждан уверены, что этот сегмент экономики необходимо развивать и дальше.

ЯЭ России на сегодня — одна из наиболее развитых наукоемких отраслей. Технологическое отставание здесь за годы реформ меньше, чем в других отраслях. По производству электроэнергии на АЭС Россия занимает 18 место в мире. В России действует 10 АЭС общей мощностью 23,3 млн. кВт (рис. 11).

Планами развития ядерной энергетики России до 2020 г. предусмотрено размещение новых ядерных энергоблоков согласно “дорожной карте” (рис. 12). Стратегия развития ЯЭ, особенно на данном этапе, обязана быть скорректирована на решение главной проблемы — безопасности для населения. Поэтому дальнейшее ее становление связано с реакторами нового поколения, обладающими внутренними присущими им свойствами безопасности. В решении проблем безопасной АЭС ключевая роль отводится фундаментальной программе МАГАТЭ — INPRO (ИНПРО) “Международный проект по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам”. С теми же целевыми установками осуществляется программа США “Генерация-4”. В России в течение последних 15 лет, несмотря на огромные финансовые трудности, проводился поиск наиболее эффективного развития реакторных технологий. Реализуется программа “Безопасная атомная электростанция”,



Рис. 11. Производство электроэнергии на АЭС в России.

в которой представлены основные направления развития ЯЭ РФ как в плане совершенствования традиционных технологий, так и в плане рассмотрения реакторных установок повышенной безопасности, которыми будут комплектоваться российские АЭС XXI века. Это реакторы: водо-водяного класса — ВВЭР-1500, В-392, В-410, ВВЭР-640, ВПБЭР-600, АСТ-500, уран-графитовые — МКЭР-800, на быстрых нейтронах — БН-800, БН-1600, БРЕСТ-300 и БРЕСТ-1200, высокотемпературные газоохлаждаемые (ВТГР), со свинцово-висмутовым теплоносителем, жидкосольевые, реакторы-трансмутаторы с циркулирующим топливом (для выжигания радиоактивных продуктов деления), для плавучей АЭС, для подземной АЭС, малой мощности и ряд ядерных энергетических устройств других типов. Вместе с тем реакторы на быстрых нейтронах рассматриваются как главная

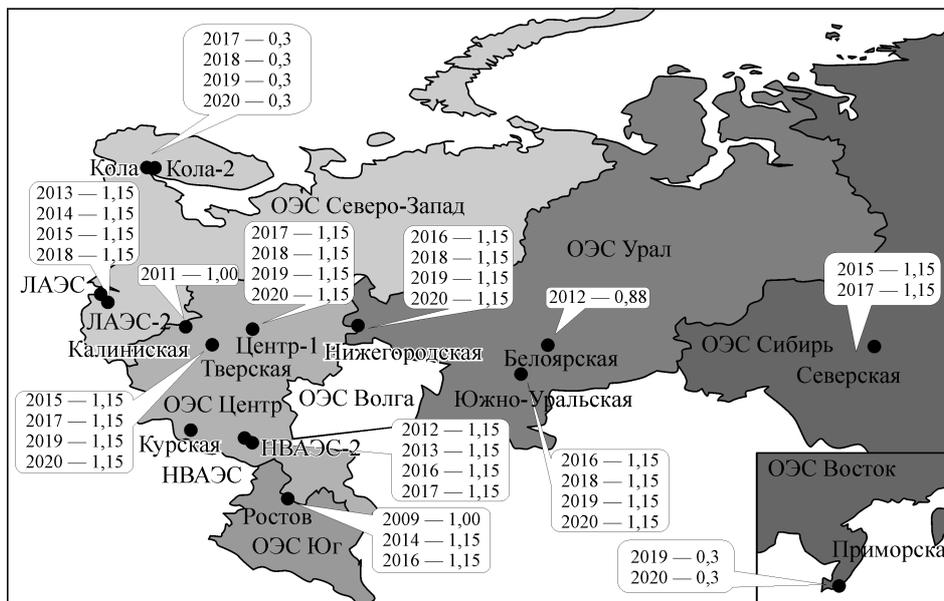


Рис. 12. “Дорожная карта” размещения вновь вводимых энергоблоков АЭС до 2020 года, мощность — ГВт.

перспектива развития ЯЭ, так как в них реализуются условия наилучшего использования ограниченных запасов естественных урановых руд.

Ядерно-энергетический комплекс — уникальный сектор экономики РФ, в котором наряду с проектными, строительными, монтажными, ремонтными, эксплуатирующими организациями, находятся также научные учреждения с передовой экспериментальной базой, сложнейшим стендовым хозяйством и высококвалифицированными учеными. Масштабные задачи по развитию ядерной энергетики РФ требуют расширения фронта научно-технологических исследований по ЯЭ, а также разработок механизмов инновационной деятельности в этой сфере. Исключительно остро встает проблема кадров для ядерной энергетики.

В заключение отметим, что реализация столь масштабной программы, вполне сравнимой со знаменитым планом ГОЭЛРО, потребует значительных финансовых затрат. В связи с мировым экономическим кризисом некоторая корректировка Энергетической стратегии России неизбежна. Однако главные направления развития энергетического комплекса останутся неизменными. Других возможностей избежать дефицита электротеплоэнергии и обеспечить России достойное место среди экономически развитых стран не существует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шейндлин А.Е. Проблемы новой энергетики. М.: Наука, 2006. 406 с.
2. **Clean Coal.** Technology Demonstration Program. US Department of Energy. Update, 1994. 169 p.
3. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. 853 с.
4. **Hanjalic K., Lekic A., Krol R.** Sustainable Energy Technologies: Options and Prospects. Springer, 2008. 336 p.

Статья поступила в редакцию 29 мая 2009 г.