

БОЛГАРИЯ

Опыт эксплуатации АЭС и перспективы развития атомной энергетики в Болгарии

Доля электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, будет расти

Б. Добрев и Л. Спасов

Бурное экономическое и социальное развитие Народной Республики Болгарии в годы после второй мировой войны вызывало необходимость в ускоренном развитии энергетики и в частности производства электроэнергии. Потребление электроэнергии увеличилось с 311 млн.кВт·ч в 1944 г. до 45925 млн.кВт·ч в 1985 г.

Потребление электроэнергии в Болгарии

Год	Потребление электроэнергии брутто		
	млн.кВт·ч	средний годовой прирост, %	кВт/чел.
1945	401		58
1950	819	15,4	113
1955	2106	20,8	281
1960	4685	17,3	596
1965	10232	16,9	1246
1970	19407	13,7	2286
1975	28860	8,3	3320
1980	38667	6,0	4360
1985	45925	3,5	5135

Необходимо отметить, что Болгария не располагает богатыми первичными источниками энергии.

Не имея другой альтернативы, страна приняла решение об ускоренном развитии ядерной энергетики, способствующее осуществлению большей концентрации мощностей и улучшению технико-экономических показателей энергосистемы.

Г-н Добрев работает в Комитете по мирному использованию атомной энергии, а г-н Спасов — в Министерстве энергетики Народной Республики Болгарии.

В 1974 г. в эксплуатацию вступил первый реактор атомной электростанции Козлодуй, и Болгария заняла место среди первых 20 стран мира, располагающих ядерной энергетикой. В 1985 г. АЭС Козлодуй выработала свыше 13 млрд .кВт·ч электроэнергии, что составило свыше 1/3 общего производства электроэнергии. По этому показателю НРБ занимает одно из первых мест не только в Европе, но и в мире.

Пусконаладочные работы

Атомная электростанция Козлодуй является одним из самых надежных и самых стабильных источников энергосистемы НРБ. Использование ее установленных мощностей в среднем превышает 7000 ч в год.

АЭС Козлодуй построена с технической помощью СССР и является первенцем атомной энергетики на Балканах.

Станция состоит из четырех энергетических блоков с реакторами типа ВВЭР-440. Строительство первой очереди АЭС было начато в апреле 1970 г. Первый блок введен в промышленную эксплуатацию в сентябре 1974 г., второй блок — в ноябре 1975 г. Третий и четвертый блоки второй очереди АЭС укомплектованы оборудованием в антисейсмическом исполнении и введены в эксплуатацию в январе 1981 г. и мае 1982 г.

Общая длительность пусконаладочных работ третьего и четвертого блоков составляет 210–240 дней вместо 360 дней по проекту. Это чувствительное сокращение длительности пусковых работ стало возможным благодаря участию эксплуатационного персонала действующих энергоблоков в проведении пусконаладочных работ на новых блоках, организационной и технической помощи группы советских специалистов, работавших на АЭС Козлодуй.

Наряду с сокращением сроков отдельных этапов пуска заметно сокращались и сроки проведения физического, энергетического пуска и освоения номинальной мощности блока. Так, например, если на первом блоке время необходимое на освоение полной мощности блока, составляло 90 дней, то на втором блоке это сделано за 39 дней, а на третьем блоке мощность была освоена за 27 дней.

Результаты проведенных пусконаладочных работ на четырех блоках АЭС с непосредственной организационно-технической помощью советских специалистов подтвердили правильность основных проектных решений, выявили высокое качество изготовления и работы советского атомного оборудования для энергоблоков с реакторами ВВЭР-440.

Эксплуатационный опыт

Общая электрическая мощность АЭС составляет 1760 МВт. Электроэнергия передается в энергосистему по линиям электропередачи на напряжениях 220 и 400 кВ. Линия электропередачи 220 кВ АЭС Козло-

дуй—Крайова (СРР) используется для параллельной работы энергосистемы НРБ с ОЭС „Дружба“ стран-членов СЭВ.

Надежная и безопасная эксплуатация АЭС Козлодуй за 10-летний период подтверждает высокое качество изготовления и высокую техническую готовность советского атомного оборудования. Достигнутые технико-экономические показатели эксплуатации АЭС дают основание утверждать, что АЭС Козлодуй работает надежно, безопасно и экономично. Большой вклад в безопасную эксплуатацию энергоблоков с реакторами ВВЭР-440 вносит всесторонний обмен опытом между советскими и болгарскими атомными энергетиками при внедрении организационных и научно-технических мероприятий.

Можно сделать вывод о том, что персонал АЭС Козлодуй полностью освоил эксплуатацию реакторных установок с серийными реакторами ВВЭР-440 в различных режимах работы блоков в энергосистеме НРБ (см. таблицу). Этому способствовало сотрудничество с советскими специалистами по улучшению организации эксплуатации и ремонта АЭС, постоянному повышению квалификации персонала, сокращению сроков перегрузочных операций с ядерным топливом, оптимизации технологических схем, снижению издержек производства и повышению безопасности работы атомного оборудования.

Повышение эффективности и безопасности

Для повышения коэффициента полезного действия блоков был проведен ряд организационно-технических мероприятий*.

Обещающей перспективой улучшения безопасности и экономичности работы реакторных установок АЭС Козлодуй является дальнейшее углубление анализа всех показателей ядерной и радиационной безопасности с применением комплекса микрокомпьютерных информационно-вычислительных ма-

шин для контроля работы блоков, входящих в общую штатную систему контроля и управления АЭС. В 1981—1982 гг. на блочных щитах управления третьего и четвертого блоков второй очереди АЭС Козлодуй успешно завершены эксперименты по созданию болгарской микрокомпьютерной системы для обработки результатов пусковых работ на блоках с реакторами ВВЭР-440.

Дальнейшего повышения уровня безопасности работы реакторов предполагается добиться путем совершенствования и расширения автоматизированной системы для внутриреакторных измерений,

Основные технико-экономические показатели эксплуатации первого—четвертого блоков АЭС Козлодуй

Наименование показателя	1980 г.	1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.
Установленная мощность АЭС, МВт (эл.)	880	1320	1760/1540	1760	1760
Выработка электроэнергии, кВт·ч:					
блок № 1	3080	3066	2902	3069	2979
блок № 2	3072	2912	3018	3177	2868
блок № 3	13	3141	2875	2969	3383
блок № 4	—	—	1951	3102	3505
Всего	6165	9119	10746	12317	12735
Коэффициент использования установленной мощности, %:					
блок № 1	83,80	83,42	79,17	83,50	80,74
блок № 2	83,58	79,25	82,36	86,52	76,87
блок № 3	—	85,46	78,44	80,63	90,16
блок № 4	—	—	79,11	84,39	94,03
Всего	82,13	82,71	79,83	83,76	85,47
Коэффициент использования установленной мощности, %:					
блок № 1	85,94	85,71	89,72	90,73	91,47
блок № 2	82,71	81,68	88,40	91,62	84,98
блок № 3	—	89,58	92,12	83,60	93,42
блок № 4	—	—	—	92,64	93,79
Коэффициент собственных нужд, %:					
блок № 1	7,37	7,47	7,45	—	7,61
блок № 2	7,13	7,31	7,60	—	7,50
блок № 3	—	7,76	7,74	—	7,33
блок № 4	—	—	7,58	—	7,21
Всего	7,28	7,52	7,59	7,44	7,40

* Так, например, после проведения экспериментов по определению эффективности системы шариковой самоочистки на конденсаторах турбин К-220-44 третьего блока в 1981 г. было принято решение до конца 1985 г. смонтировать на всех конденсаторах турбин первого—четвертого блоков установки шариковой самоочистки трубок. Для улучшения надежности и безаварийности работы оборудования второго контура блоков после обработки экспериментальных результатов внедрения в 1981 г. коррекционного водохимического режима (с дозировкой раствора гидрозина в конденсатный тракт турбины К-220-44 первого блока) было принято решение внедрить на всех 8 турбинах первого—четвертого блоков использование этой новой системы (с концентрацией гидрозина 150—200 мкг/кг). Это позволит существенно уменьшить концентрации продуктов коррозии и отложений на теплообменных поверхностях оборудования второго контура. Кроме этого с 1981 г. началось сооружение фильтров для полной 100% очистки конденсата турбин, что тоже приведет к повышению надежности и экономичности эксплуатации блоков в течение всего срока их службы.

* В том числе пусковые периоды и время работы на мощностном эффекте.