

Некоторые выводы из опыта эксплуатации Первой в мире АЭС

БЛОХИНЦЕВ Д. И., ДОЛЛЕЖАЛЬ Н. А., КРАСИН А. К.

УДК 621.311.2:621.039

Успешная эксплуатация Первой в мире атомной электростанции на протяжении 20 лет убедительно показала, что такой срок работы, рассматриваемый как желательный во многих проектах АЭС, в принципе достижим.

За прошедшие годы научная мысль и техника сооружения ядерно-энергетических установок ушли далеко вперед, однако опыт как первых лет, так и длительных сроков работы Первой АЭС остаются интересными для современной практики.

Научно-технические предпосылки разработки АЭС от периода проектирования Первой АЭС до настоящего времени обогатились обширными знаниями констант взаимодействия нейтронов с различными материалами, методами расчетов реакторов и техническими средствами расчета в виде электронно-счетных и электронно-моделирующих машин. В современных условиях иногда даже затруднительно понять некоторые сложности, которые возникали более 20 лет назад, хотя их было немало, и при тех скромных расчетных средствах потребовалось немало упорства и настойчивости, чтобы не только решить вопросы первой стадии сооружения АЭС, но и обеспечить ее длительную эксплуатацию без значительных существенных изменений в последующие годы.

Уже самый начальный период эксплуатации Первой АЭС позволил сделать важные принципиальные выводы:

деление тяжелых ядер под действием нейтронов может быть широко использовано как источник получения тепловой, электрической и механической энергии;

атомные электростанции могут устойчиво, безопасно и длительно работать;

экономические показатели ядерно-энергетических сооружений могут сравнительно быстро стать приемлемыми для широкого использования нового способа производства энергии.

Эти выводы, сделанные в первые годы развития ядерной энергетики, явились значительным стимулом для широкого поиска новых знаний и создания новых конструкций АЭС [1—9].

Выдающийся пример Первой в мире АЭС послужил ярким свидетельством высокого уровня советской науки. Доклады советских ученых на I и II Международных конференциях по мирному использованию атомной энергии

(Женева, 1955 г.; 1958 г.), убедительно показали мировой общественности реальность использования ядерной энергии как источника работы электростанций. Этот уникальный вклад в мировую науку и технику был сделан на основе теоретических знаний, высокой технической культуры и упорного труда большой группы советских специалистов, воодушевленных передовыми идеями советского общества.

В создании Первой атомной электростанции исключительная роль принадлежала академику И. В. Курчатову.

Первая АЭС в СССР по замыслу и исполнению была создана как комплексная атомная электростанция, а не только как сооружение, которое может побочно отводить тепловую энергию. Тем самым она явилась началом на пути изыскания оптимальных решений по использованию ядерных превращений для выработки электроэнергии. Прошедшие после пуска Первой АЭС годы убедительно это подтвердили.

Через 10 лет после ввода в эксплуатацию Первой в мире АЭС на III Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964 г.) было единодушно признано, что ядерная энергетика заслуживает широкого использования как по техническим, так и по экономическим соображениям. На этой конференции уже ряд стран выступил с докладами об опыте работы АЭС, предложениями различных типов АЭС и описанием их экономических особенностей.

Это решение мирового форума ученых, инженеров, экономистов и специалистов других профилей утвердило триумф принципов, раскрытых человечеству в результате успешной работы Первой в мире АЭС в СССР.

В социальном отношении для сознания широких масс населения Первая АЭС в СССР явилась убедительным доказательством доступности и реальности использования атомной энергии на благо человеческого общества.

Помимо общих положений физической и технической доступности развития ядерной энергетики Первая АЭС позволила выявить ряд более узких, но весьма важных технических особенностей работы АЭС и перспективность отдельных технических решений.

К числу важных достижений относятся:

1. Полученная глубина выгорания ядерного

горючего. На Первой АЭС впервые получен опыт работы трубчатых твэлов с выгоранием ^{235}U 50—60%, или 25—30 кг/т и выше. Топливная композиция из порошка уран-молибденового сплава, диспергированного в магниевой матрице, показала высокую работоспособность. Твэлы и технологические каналы в целом обеспечили длительную безаварийную работу АЭС и уже в первые годы дали обнадеживающий пример работы твэлов в высоконапряженных режимах [4, 5, 10, 11].

2. Достижение высоких тепловых нагрузок на твэлах. Впервые для работы твэлов были получены тепловые нагрузки до $1,8 \cdot 10^6$ ккал/м²·ч. Эти показатели оказались стимулирующими для дальнейших разработок высоконапряженных твэлов энергетических установок [2, 4, 11].

3. Изучение водных режимов и отложений на тепловыделяющих поверхностях. Анализ температурных режимов работы и состава отложений на тепловыделяющих поверхностях реактора показал значительную разницу в динамике их роста в условиях радиационных полей и влияния на теплообмен по сравнению с условиями вне полей радиации. Установление этого явления создало основы для использования тепловыделяющих поверхностей с водным теплоносителем в условиях длительной работы в радиационных полях [4, 11].

4. Разработка и освоение режимов частичных перегрузок. Для реактора Первой АЭС был разработан и осуществлен метод частичных перегрузок ядерного горючего, что привело к более глубокому использованию ядерного горючего и улучшению физического профилирования активной зоны реактора. Этот метод нашел широкое применение в последующих разработках [4, 5, 11].

5. Изучение температурного режима работы графитовой кладки реактора. Установлено, что графитовая кладка реактора может нормально эксплуатироваться вплоть до 800°С в среде азота. При температуре графита 650°С и выше в нем не происходит заметного изменения физических свойств, в том числе распухания. Эти выводы послужили важным основанием для разработки более мощных графито-водных реакторов [5, 11].

6. Изучение переходных режимов работы АЭС. В процессе пуска и эксплуатации Первой АЭС изучен широкий круг вопросов, связанных с переходными режимами энергетического реактора с водным теплоносителем под давлением. Эти исследования обеспечили надежные нормы

эксплуатации АЭС и создали предпосылки к изучению режимов с кипением воды в реакторе канального типа [4, 5, 9—11].

7. Освоение режимов кипения теплоносителя в реакторе. Разработаны способы предотвращения пульсации теплоносителя в реакторе канального типа. Показана устойчивая работа реактора в режиме кипения, чем доказана возможность интенсификации теплообмена в реакторе и созданы технические предпосылки для изучения перегрева пара в нем [5].

8. Осуществление перегрева пара в реакторе. В реакторе Первой АЭС была встроена петлевая схема с десятью каналами, на которой получен и перегрет пар в реакторе и изучены режимы пуска и останова схемы с перегревом пара. Данные этого исследования легли в основу проектирования Белоярской АЭС им. И. В. Курчатова [10, 12].

9. Изучение вопросов безопасности и чистоты окружающей среды. Тщательный анализ условий работы персонала Первой АЭС и чистоты окружающей местности уже в самом начале работы АЭС позволил использовать нормы защиты и правила работы, обеспечивающие безопасность персонала и чистоту окружающей среды. Были изучены аварийные ситуации с технологическими каналами и показаны на практике способы ликвидации ненормальных ситуаций. Продемонстрированная в результате работы Первой в мире АЭС безопасность и надежность АЭС и отсутствие вредных выбросов в окружающую среду дали важные сведения и уверенность разработчикам АЭС, что ядерная энергетика является безопасным и надежным способом генерации энергии [4, 5, 11].

10. Использование Первой АЭС как базы подготовки кадров и пропаганды технических идей. С первых лет своего существования Первая в мире АЭС стала базой подготовки персонала для работы в области создания и эксплуатации ядерно-энергетических установок; она явилась объектом посещения многочисленных зарубежных специалистов. Школу Первой АЭС прошли многие советские специалисты, ставшие ныне крупными руководителями коллективов по разработке и применению новой техники. Широкая популярность Первой АЭС существенно способствовала укреплению уверенности, что атомная энергия может и должна служить мирным целям. Уникальный характер установки и ее успешная длительная эксплуатация создали советской науке приоритет; она признана пионером ядерной энергетики [13, 14].

Исключительное значение для надежной работы Первой в мире АЭС имел высокий уровень технологии производства трубчатых твэлов. За 20 лет эксплуатации АЭС не было случаев выхода из строя твэлов, работавших в эксплуатационных режимах. Разработанная под руководством докт. техн. наук В. А. Малыха технология изготовления топливной композиции и широко использованная при производстве твэлов система неразрушающего контроля могут и сейчас служить образцом высокого уровня технологии производства. Несомненно, что значительную роль при этом сыграли общий высокий уровень производства тонкостенных труб, электросварки и т. д.

При разработке Первой АЭС основным вклад внесли такие ученые, разработчики и проектанты, как С. М. Фейнберг, П. Э. Немировский, Ю. М. Занков, М. Е. Минашин, Б. Г. Дубовский, И. Г. Морозов, Е. И. Стрельцов, Б. А. Зенкевич, Ю. А. Сергеев, Ж. И. Иевлева, Л. А. Маталин, П. Н. Слюсарев, Д. Ф. Зарецкий, Д. М. Овечкин, И. Т. Табулевич, П. И. Алещенков, Г. Д. Князева, Л. И. Лунина, Б. В. Флоринский, М. П. Сергеев, Д. Н. Попов, И. Я. Емельянов, А. Г. Филиппов, В. Ф. Безлюдный, Г. В. Складнев, Ф. Г. Герасимов, Н. А. Абрамов, Н. Ф. Вешняков, А. В. Ушаков, В. А. Медведков, В. Е. Александров, В. Ф. Овчинников, Л. М. Садовникова, И. Я. Блох, А. А. Хохлачев, В. Е. Глот; за монтаж и строительство АЭС ответственными были В. Ф. Гусев, Н. Б. Законнов, Л. Я. Лумер, В. А. Логинов, Б. А. Ионкин, Г. А. Васильковский, Е. Д. Новожилов, Д. С. Захаров, И. П. Сорокин, А. А. Трыков; в эксплуатации АЭС основная заслуга принадлежит Н. А. Николаеву, А. Н. Григорьянцу, Г. Н. Ушакову, Н. В. Звонкову, Ю. В. Архангельскому, Б. Б. Батурову, И. В. Морозову, А. Ф. Попову, Н. А. Забелину, В. А. Коновалову, Н. Т. Костаревой, Л. А. Кочеткову, В. В. Долинскому.

Работа Первой АЭС во втором десятилетии была связана с постановкой в реакторе крупномасштабных экспериментов по испытанию твэлов и петлевых устройств для решения схемных вопросов [15—19]. Из большого числа таких работ следует выделить:

- испытание макетов твэлов для разрабатываемых АЭС;
- изучение переходных режимов в схемах с ядерным перегревом пара;
- изучение работы схемы с естественной циркуляцией водного теплоносителя;

■ исследование водных режимов на специальном петлевом устройстве;

■ изучение поведения графита в условиях длительной эксплуатации;

■ изучение различных физических и технических вопросов на пучках нейтронов и в радиационных полях реактора;

■ совершенствование норм эксплуатации АЭС в отношении безопасности и чистоты окружающей среды.

Результаты этих обширных исследований глубоко использовались при разработке новых типов АЭС: Белоярской АЭС им. И. В. Курчатова, Билибинской, Ленинградской. Опытные исследования на реакторе Первой АЭС оказались весьма важными для разработки АЭС ТЭС-3 в «Север-1».

Первенцу ядерной энергетики принадлежит значительная роль в создании электрогенерирующих каналов — основного элемента первых в мире термоэмиссионных реакторов-преобразователей. В специально сооруженных петлях прямого преобразования на Первой АЭС отработывались конструкции таких каналов, в том числе штатная конструкция термоэлементного ЭГК реактора «Топаз» [20, 21].

Важен тот факт, что реактор и вся установка в течение 20 лет находились в постоянной эксплуатации, и поэтому такой срок работы Первой АЭС весьма существен для прогнозов долговечности и работоспособности ядерно-энергетических установок. В настоящее время имеется более ста АЭС, а планы строительства новых АЭС предусматривают сотни миллионов киловатт, и крайне важно иметь представление о реальном сроке работы этой массы сооружений. Поэтому анализ состояния Первой АЭС после 20 лет работы весьма актуален.

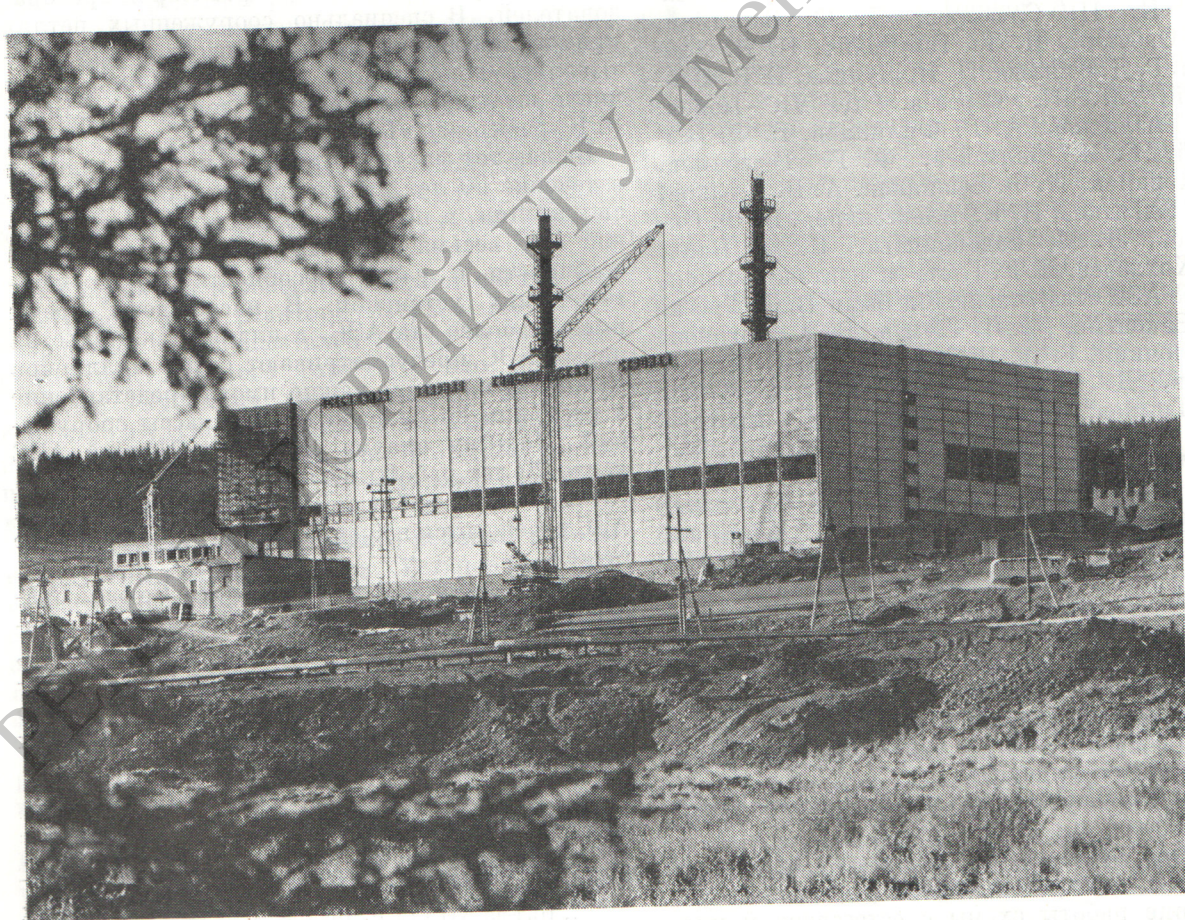
Результаты работ последних лет на Первой АЭС освещаются в специальном сборнике и ряде статей.

Первая в мире АЭС Советского Союза, оказавшая значительное влияние на мировое развитие мирного использования атомной энергии, продемонстрировала благородную черту советской науки и техники — отдавать на благо человеческого общества новейшие достижения техники и передовых знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блохинцев Д. И., Николаев Н. А. В сб.: Реакторостроение и теория реакторов. Тр. I Женевской конф., Изд-во АН СССР, 1955, с. 3.
2. Блохинцев Д. И., Доллежал Н. А., Красин А. К. «Атомная энергия», 1956, № 1, с. 10.

3. Красин А. К. «Атомная энергия», 1956, № 2, с. 3.
4. Григорьянц А. Н. «Атомная энергия», 1957, т. 2, с. 109.
5. Доллежалъ А. Н. и др. В сб.: Тр. II Женевской конф. Докл. советских ученых. Т. 2. М., Атомиздат, 1958, с. 15.
6. Доллежалъ Н. А., Красин А. К. «Атомная энергия», 1959, т. 7, с. 5.
7. Красин А. К. Атомные электростанции. М., «Знание», 1959.
8. Красин А. К., Семенов Б. А. Опыт эксплуатации атомных электростанций, № 16. Вена, МАГАТЭ, 1961.
9. Ушаков Г. Н. Первая атомная электростанция. М., Госэнергоиздат, 1959.
10. Евдокимов Ю. В. и др. «Атомная энергия», 1961, т. 11, с. 12.
11. 10 лет Первой в мире атомной электростанции СССР. Сборник статей. М., Атомиздат, 1964.
12. Доллежалъ Н. А. В сб.: Тр. II Женевской конф. Докл. советских ученых. Т. 2. М., Атомиздат, 1958, с. 36.
13. Directory of Nuclear Reactors. V. IV. Power Reactors. Vienna, IAEA, 1962.
14. Power and Research Reactors in Member States. Vienna, IAEA, 1969.
15. Ушаков Г. Н. и др. III Женевская конф., 1964, докл. № 314.
16. Коночкин В. Г. и др. «Атомная энергия», 1969, т. 26, с. 487.
17. Петросьянц А. М. «Атомная энергия», 1969, т. 27, с. 263.
18. Блохинцев Д. И. Рождение мирного атома. Дубна, ОИЯИ, 1970.
19. Красин А. К. Реакторы атомных электростанций. Минск, «Наука и техника», 1971.
20. Кузнецов В. А. Реакторные испытания многоэлементных термоэмиссионных преобразователей на основе молибдена и вольфрама. Докл. на конф. по термоэмиссионной генерации электроэнергии (Майами-Бич, 1970).
21. Грязнов Г. М. и др. IV. Женевская конф., 1971, докл. № 852.



Главное здание Билибинской АЭС.