

УДК 621.311.25

Ленинградская АЭС имени В. И. Ленина

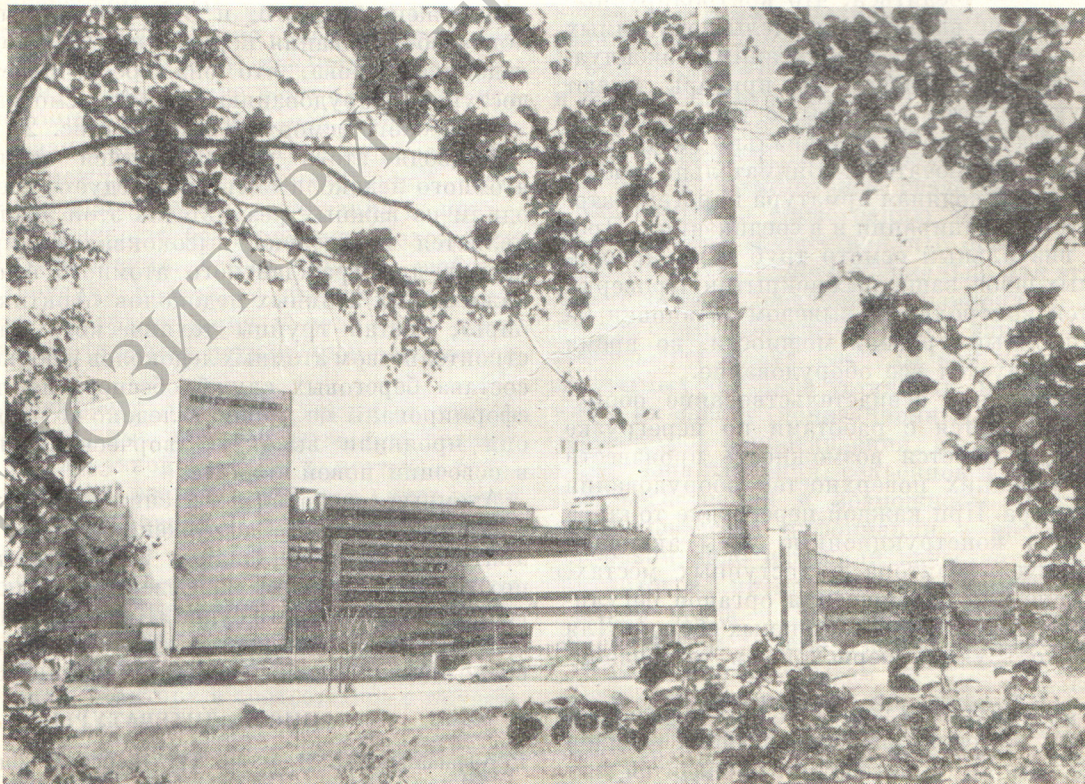
ЛУКОНИН Н. Ф.

В конце декабря 1973 г. усилиями строителей, монтажников, эксплуатационного персонала, наладчиков, проектных и научно-исследовательских организаций введен в строй первенец большой ядерной энергетики страны — первый блок Ленинградской атомной электростанции им. В. И. Ленина (ЛАЭС) мощностью 1 млн. кВт с новым типом канального энергетического реактора РБМК-1000. В июле 1975 г. встал под промышленную нагрузку второй блок первой очереди станции с таким же реактором, а в конце 1979 г. пущен третий блок. Таким образом, ЛАЭС стала крупнейшей атомной электростанцией в мире. Добавим, что в настоящее время ведутся работы по сооружению и монтажу четвертого блока этой АЭС.

Перед коллективом ЛАЭС им. В. И. Ленина в десятой пятилетке поставлена ответственная задача — в кратчайший срок освоить проектную мощность станции и стать надежным поставщиком

электроэнергии в систему «Ленэнерго». Для выполнения напряженных заданий пятилетнего плана и освоения проектных мощностей энергоблоков потребовалась разработка и внедрение некоторых организационно-технических мероприятий. Особое место при этом отводилось совершенствованию структуры системы управления, повышению надежности и стабильности работы нового оборудования, организации его технического обслуживания, повышению технологической дисциплины и мастерства персонала.

Анализ работы оборудования головных энергоблоков РБМК-1000 в стационарном и переходном режимах позволил определить первоочередные организационно-технические мероприятия, направленные на повышение стабильности и безопасности работы энергоблоков, совершенствование используемого оборудования, соблюдение требований техники безопасности ТБ и промышленной сани-



Ленинградская АЭС им. В. И. Ленина

тарии. Эксплуатационный персонал решал эти задачи в тесном контакте с организациями, осуществлявшими конструирование, расчеты, проектирование и исследования по АЭС — НИКИЭТ, ИАЭ и другими.

Важную роль в повышении стабильности и экономичности работы станции сыграли также творческие связи с научными организациями Ленинграда и других городов страны. ЛАЭС связана более чем с 20 крупными институтами страны. С некоторыми из них заключены прямые договоры о творческом сотрудничестве. Такое сотрудничество весьма плодотворно. Например, совместная с Всесоюзным дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом им. Ф. Э. Дзержинского разработка жидкометаллических прокладок и сальников и внедрение новых уплотнений вместо обычных на первой очереди станции значительно повысили герметичность контура и увеличили надежность работы основного оборудования.

Комплектация кадров ЛАЭС идет, главным образом, за счет молодых специалистов институтов, техникумов, технических училищ. Особое внимание уделяется подготовке персонала, который обязательно проходит дублирование перед допуском к самостоятельной работе. За каждым молодым специалистом закрепляется опытный работник передающий свои знания. Вся эта большая постоянная работа позволяет коллективу



Блочный щит управления

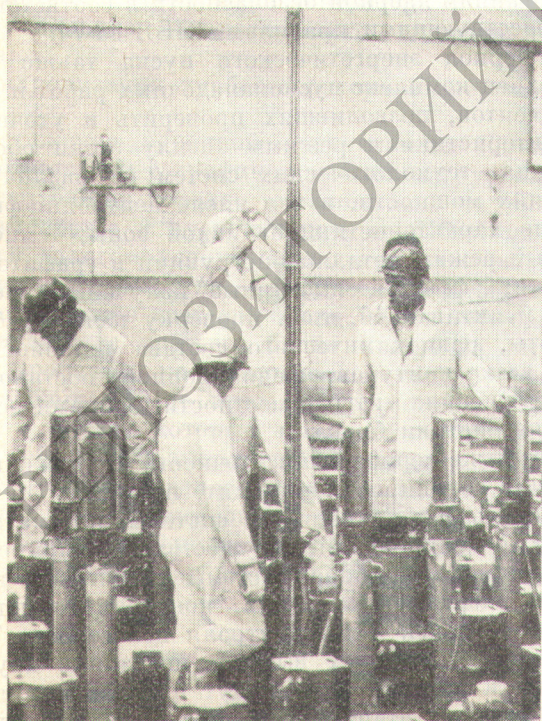
ЛАЭС из года в год добиваться высоких показателей станции.

Планом четырех лет десятой пятилетки намечалось выработать 46 млрд. кВт·ч электроэнергии, фактически выработано 48,860 млрд. кВт·ч. В 1979 г. план был выполнен к 18 декабря, выработка электроэнергии составила более 13 млрд. кВт·ч из них сверх плана получено более 600 млн. кВт·ч. Коэффициент использования установленной мощности достиг 74,4%, что соответствует уровню лучших АЭС мира. По сравнению с 1978 г. на 1,2% снижена себестоимость электроэнергии.

Третий блок ЛАЭС дал промышленный ток в систему «Ленэнерго» 7 декабря 1979 г., т. е. была осуществлена синхронизация генератора ТГ-6 с энергосистемой. Вскоре после этого блок был выведен на мощность 200 МВт, а 16 декабря 1979 г. мощность блока доведена до 500 МВт. Этот блок является седьмым энергоблоком из серии АЭС с РБМК-1000 и турбоагрегатами К-500-65/3000.

Опыт эксплуатации АЭС с канальными реакторами большой мощности, ужесточение требований по обеспечению безопасности АЭС и охраны окружающей среды, а также достижения науки и техники потребовали при создании третьего блока станции новых решений некоторых технических и технологических вопросов.

Все это определило ряд особенностей третьего блока по сравнению с ранее вступившими в строй реакторами РБМК-1000: блочная компоновка основных и вспомогательных установок и технологических систем позволила относительно просто решать вопросы ремонта оборудования и арматуры на неработающем блоке не прибегая к остановке работающего и исключить ошибки персонала при переключениях, усовершенствование системы локализации продуктов разуплотнения сосудов и емкостей при авариях, связанных с разрывами



Загрузка ТВС третьего блока

трубопроводов контура многократной принудительной циркуляции (МПЦ); внедрение усовершенствованной системы аварийного охлаждения реактора; применение новых типов главных циркуляционных насосов с новым торцовым уплотнением вала; выполнение контура охлаждения СУЗ по гравитационной схеме с использованием самостоятельного промконтура.

Конструкционные и технологические отличия третьего блока от предшествующих привели к заметному изменению компоновки главного здания, систем, расположенных в нем и предопределили особенности пусконаладочных работ, а также физического и энергетического пусков блока.

Основной особенностью при пуске реактора третьего блока являлось то, что в нем впервые для реакторов этого типа в первоначальной загрузке во всех ТВС используется топливо 2% обогащения.

В процессе проведения физических пусков реакторов РБМК первой очереди ЛАЭС получен обширный экспериментальный материал по физике активной зоны реактора. Анализ выполненных при этом работ и полученных результатов показал, что между идентичными реакторами возможны различия, обусловленные разбросом некоторых технологических параметров, таких, как плотность графита, содержание топлива в тепловыделяющей сборке (ТВС) и др. Кроме того, при каждом пуске возникает необходимость в экспериментальной проверке новых технических или эксплуатационных решений. Учитывая это, а также то, что реактор третьего блока был первым из серии реакторов типа РБМК, в котором при первоначальной загрузке использовалось топливо только 2%-ного обогащения, физический пуск реактора осуществлялся по программе, предусматривающей экспериментальную проверку расчетных данных и фактической оценки основных нейтронно-физических характеристик, компенсирующей способности стержней СУЗ дополнительных поглотителей, а также формирования полномасштабной загрузки с обеспечением требований ядерной безопасности.

Избыточная реактивность, вызванная увеличением обогащения, компенсируется увеличением числа стержней СУЗ от 179 до 211 и длины поглощающей части стержней СУЗ с 5 м до 6 м; применением «тяжелых» дополнительных поглотителей, содержащих втулки только из бористой стали. В качестве дополнительного средства для компенсации избыточной реактивности в программе физического пуска предусмотрено использование стерженьков-поглотителей, устанавливаемых в центральную полость ТВС.

В отличие от всех предыдущих реакторов РБМК, загрузка реактора третьего блока происходила при наличии воды в технологических каналах (ТК) контура многократной принудительной циркуляции.

Первая топливная кассета была загружена в реактор третьего блока 16 сентября 1979 г. Критическое состояние реактора достигнуто 17 сентября после загрузки 34 ТВС.

Во время загрузки проведены некоторые критические эксперименты, позволившие откорректировать расчетные методики для прогнозирования начальной загрузки реактора. Эти эксперименты были проведены для следующих промежуточных состояний реактора:

при отсутствии поглотителей (дополнительных поглотителей и погруженных стержней СУЗ);

при наличии ТВС и дополнительных поглотителей, но при отсутствии погруженных стержней СУЗ;

при загрузке ТВС в 49 ячеек периодичности;

при загрузке ТВС в 97 ячеек периодичности.

Далее загрузку реактора проводили по полномасштабной, по достижению которой измеряли объемные нейтронные поля и выполняли эксперименты по определению эффектов реактивности. Измерения объемных полей энерговыделения проводили с целью определения коэффициентов неравномерности на начальной загрузке холодного неотравленного реактора, точности их нейтронно-физических расчетов по двумерным программам и получения информации для отработки трехмерных расчетных программ.

Физический пуск реактора завершился формированием полномасштабной загрузки, отвечающей требованиям ядерной безопасности в соответствии с существующими правилами ПБЯ-04-74.

В период энергетического пуска также был выполнен комплекс пусконаладочных работ и экспериментов, позволивших проверить и уточнить характеристики и режимы эксплуатации оборудования, технологических систем на различных уровнях мощности, в том числе нейтронно-физические характеристики активной зоны; температурный режим металлоконструкций и графитовой кладки; эффекты, вызванные излучением реактора и активацией, т. е. проверку качества биозащиты, радиохимического состава теплоносителей всех контуров, радиационной обстановки в помещениях и на местности; динамические характеристики блока.

В этот же период были уточнены уставки сигнализации, блокировок и защит, настроены предохранительные клапаны и системы автоматического регулирования, осуществлена тарировка аппаратуры и приборов системы физического контроля энергораспределения, контроля герметичности оболочек ТВС, контроля целостности ТК. Часть из указанных выше и некоторые другие работы и эксперименты будут продолжены и на последующих этапах энергопуска включительно до вывода третьего блока на проектные параметры.

Необходимость проверки названных характеристик и режимов продиктована соответствующими требованиями и, как упоминалось ранее, особенностями конструкций отдельных узлов, изменениями в компоновке и введением новых технологических систем. В процессе энергетического пуска были выполнены такие технологические операции:

- вывод реактора на минимально контролируемый уровень и подъем давления в барабанах-сепараторах до 20—22 кгс/см² (1 кгс/см² = 98,0665 кПа);

- настройка и проверка срабатывания предохранительных клапанов низкого давления;

- продувка главных паропроводов и уплотнений турбины при тепловой мощности реактора 600—630 МВт и давлении в барабанах-сепараторах 20—22 кгс/см². Расход пара при этом составлял 800 т/ч, что обеспечило кинетическую энергию потока пара по продуваемым паропроводам в 1,5 раза больше кинетической энергии потока пара в номинальном режиме;

- настройка главных предохранительных клапанов кольца высокого давления;

- водная промывка конденсатно-питательного тракта;

- достижение вакуума и вывод турбины на холостые обороты (3000 об./мин), регистрация параметров турбины, проверка систем автоматической защиты, испытания системы регулирования, настройка автоматов безопасности, регистрация параметров и испытания генератора и возбуждателя, наладка автоматического включения резерва;

- синхронизация турбогенератора с энергосистемой;

- достижение турбиной нагрузки до 500 МВт в соответствии с графиком набора нагрузки.

Необходимо коротко остановиться на сроках строительства и пусконаладочных работ, являющихся залогом успеха проведения завершающей стадии строительства — физического и энергетического пуска третьего блока. Жесткость сроков строительства третьего блока поставила серьезные проблемы по обеспечению своевременного ввода блока. Было ясно, что те методы и темпы строительства, которые применялись ранее, не могут обеспечить выполнение поставленной задачи. Поэтому потребовалось изыскать внутренние резервы, усовершенствовать технологию проведения строительно-монтажных и пусконаладочных работ, решить ряд организационно-технических

вопросов, направленных на ускорение производства работ.

Строители, монтажники и проектировщики, совместно с наладчиками и эксплуатационниками успешно справились с этой задачей и ввели третий блок в эксплуатацию в установленные сроки. О темпах строительства и проведения наладочных работ свидетельствуют следующие цифры: на сооружение первого блока с момента закладки первых кубов бетона в фундаментную плиту главного здания до момента выдачи электроэнергии потребовалось 6 лет 7 мес., а на сооружение третьего блока — всего 4 года 3 мес. Этому способствовали опыт, приобретенный строительно-монтажными организациями при строительстве первой очереди, а также внедрение большого числа организационно-технических мероприятий. Основные из них:

- значительное предмонтажное укрупнение многих сборок, схем и узлов на монтажных площадках;

- предмонтажная ревизия насосного оборудования, ревизия практически всего электротехнического оборудования с проверкой схем и его прогрузкой, государственная проверка всех приборов. Это позволило выявить значительное число дефектных узлов и элементов, своевременно получить от заводов-поставщиков детали взамен отбракованных и исключить наладку оборудования, идущего в монтаж;

- внедрение совмещенных работ по строительству и монтажу.

Таким образом, при достаточной отработке проектной документации, повышении качества оборудования и его своевременной и комплектной поставки, оснащении строительно-монтажных организаций грузоподъемными механизмами большей мощности для сборки крупнотоннажных схем, достаточным количеством бетононасосов и другими механизмами имеется реальная возможность обеспечить строительство и пуск блока мощностью 1,0—1,5 млн. кВт за 4 года и со значительно меньшими трудовыми затратами.

Освоение проектной мощности третьего блока АЭС является сложной и ответственной задачей, над которой сейчас трудится наш коллектив. Положительные работы предыдущих лет создали возможность значительно улучшить показатели плана по сравнению с установленными. В 1980 г. оперативным планом предусмотрено выработать электроэнергии 17,2 млрд. кВт·ч, поднять производительность труда на 15,5%.