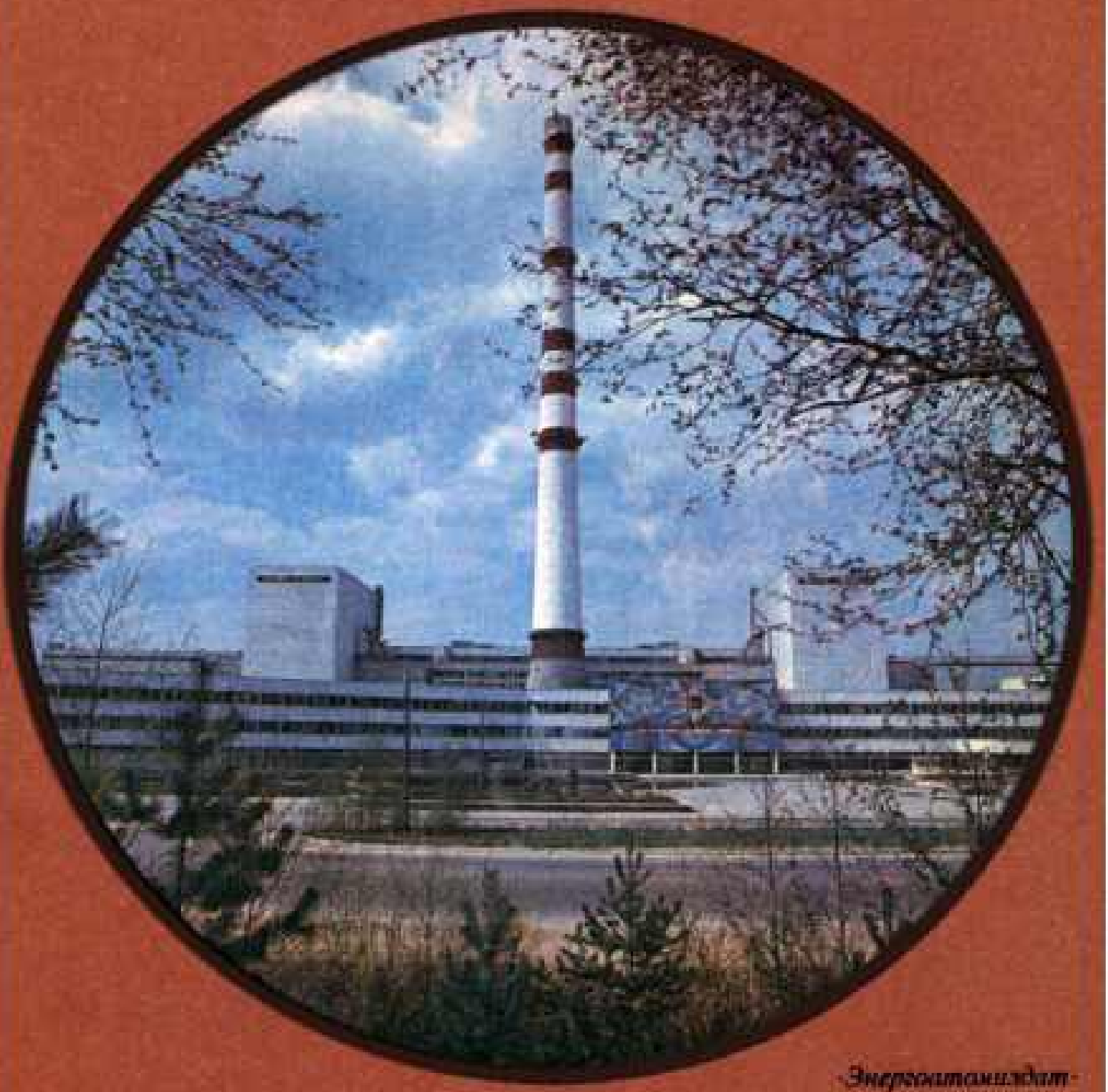
ЛЕНИНГРАДСКАЯ АЭС



Энергоиздат

«...Создание ЛАЭС имени В. И. Ленина, флагмана советской атомной энергетики, является еще одним свидетельством огромных возможностей и преимуществ социалистической экономики и навсегда войдет в историю нашей страны, как вошли в нее Волховстрой и Днепрогэс»

Из приветствия ЦК КПСС

1 ИМЕНИ ЛЕНИНА

2 НАЧАЛО

3 ВСЕСОЮЗНАЯ УДАРНАЯ

4 В СТРОЮ ДЕЙСТВУЮЩИХ

5 СРЕДИ СОСЕН И ДЮН

6 ГОРДИМСЯ! ВОСХИЩАЕМСЯ! ПОЗДРАВЛЯЕМ!

7 НА ПОРОГЕ ТРЕТЬЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

ЛЕНИНГРАДСКАЯ АЭС

ЛЕНИНГРАД ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1984

ББК 31.47
Л 44

УДК [621.311.25:621.039]

Редакционная коллегия

В. М. БАБАНИН
И. Я. ЕМЕЛЬЯНОВ
А. В. КОРОТКОВ
Е. В. КУЛОВ
Б. К. ЛЕБЕДЕВ
Н. Ф. ЛУКОНИН
В. П. МУРАВЬЕВ
Л. Г. ПЕРЕКРЕСТОВ
Е. П. РЯЗАНЦЕВ
В. М. СЕДОВ
Г. В. ФИЛАТОВ

Составители

П. Г. КРУТИКОВ
В. В. ЧЕПКУНОВ

Л $\frac{2304000000-110}{051(01)-84}$ 63—83

ББК 31.47
6П2.11

© Энергоатомиздат, 1984

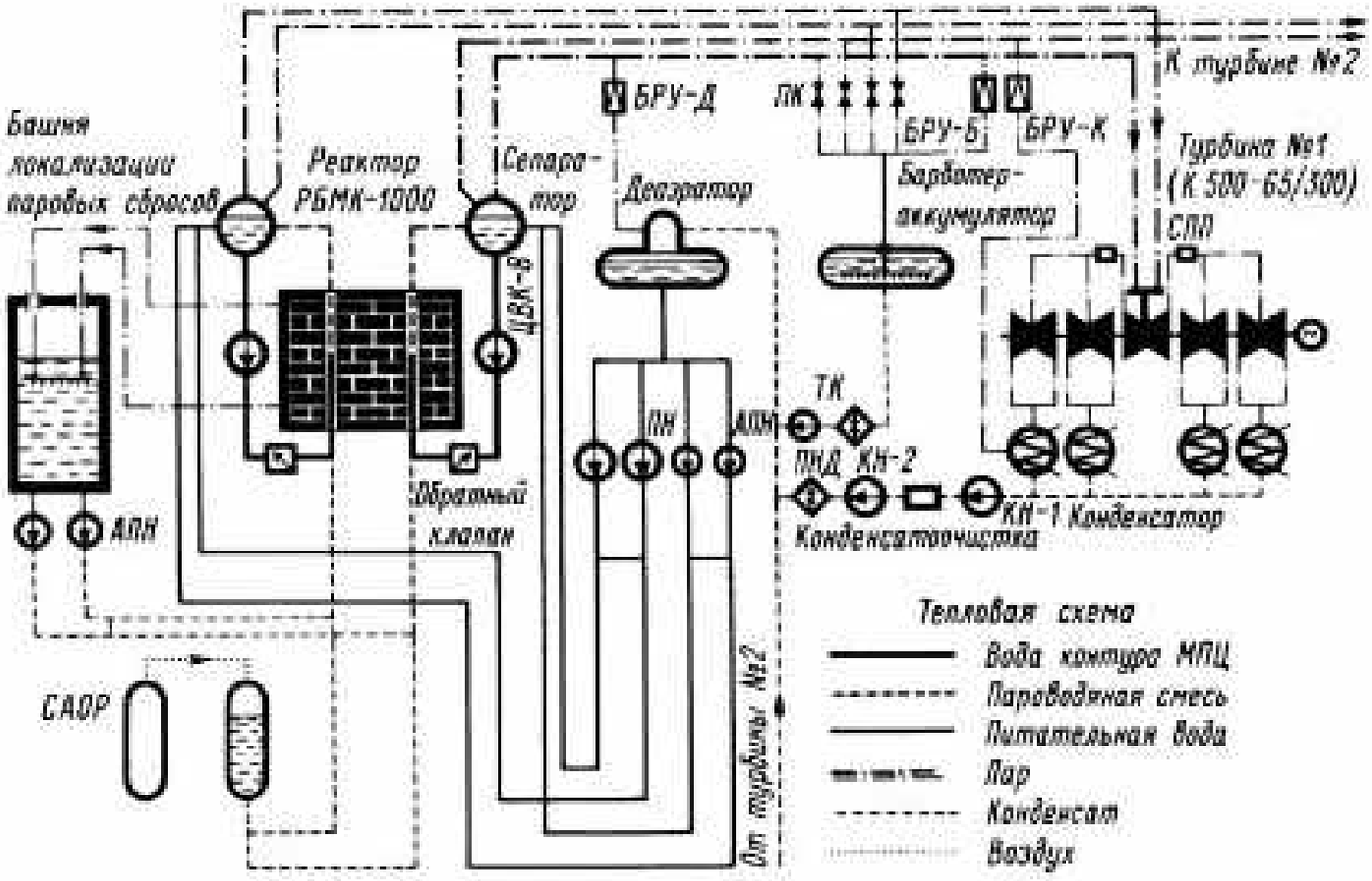
Развитию электроэнергетики — основы основ всего народного хозяйства страны — наша партия всегда уделяла огромное внимание. От первых объектов ленинского плана ГОЭЛРО до сверхмощных атомных электростанций — таков путь, пройденный за исторически короткий период времени. Электростанциям царской России понадобилось бы два года, чтобы выработать то количество электроэнергии, которое в 1982 г., в год 60-летия Союза Советских Социалистических Республик, производится в нашей стране за одни только сутки!

Все возрастающий вклад в энерговооруженность советской экономики вносит атомная энергетика, начало развитию которой было положено в нашей стране почти три десятилетия тому назад. Решениями XXVI съезда КПСС в одиннадцатой пятилетке на атомных электростанциях намечено произвести 220—225 млрд. кВт • ч электроэнергии. На долю этих станций приходится весь прирост выработки электричества в европейской части страны.

Важнейшее значение для претворения в жизнь намеченной XXVI съездом КПСС программы развития атомной энергетики страны имеет опыт сооружения и эксплуатации Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина. Первый блок станции, головной в серии строящихся АЭС с канальными уран-графитовыми кипящими реакторами, достиг проектной мощности 1 млн. кВт в 1974 г.— всего через 20 лет после того,

1 ИМЕНИ ЛЕНИНА

У схемы Ленинградской АЭС
лауреат Ленинской премии Н. Ф. Луконин



1982 г. 1330 млрд. кВт · ч, при этом на долю Ленинградской АЭС пришлось 2,2 % всей выработанной в этом году электроэнергии. Для обеспечения такой выработки электроэнергии, как на Ленинградской АЭС, станциям на органическом топливе потребовалось бы затратить 8,1 млн. т донецкого угля, а перевозку такого количества угля смогли бы обеспечить 2700 железнодорожных эшелонов грузоподъемностью по 3 тыс. т. Естественно, при сжигании бурого угля количество потребляемого топлива еще бы увеличилось.

Современная АЭС — это сложный комплекс взаимосвязанных систем, узлов и установок. Основой, определяющей принципиальное отличие АЭС от электростанций других типов, является ядерный реактор.

На Ленинградской АЭС смонтированы четыре кипящих уран-графитовых канальных реактора РБМК электрической мощностью 1 млн. кВт каждый. Преимуществами РБМК перед водо-водяными энергетическими реакторами являются: отсутствие крупногабаритного прочного корпуса; конструктивное разделение замедлителя и теплоносителя; применение недефицитных конструкционных материалов; возможность перегрузки (выгрузки и загрузки) топлива на работающем реакторе без

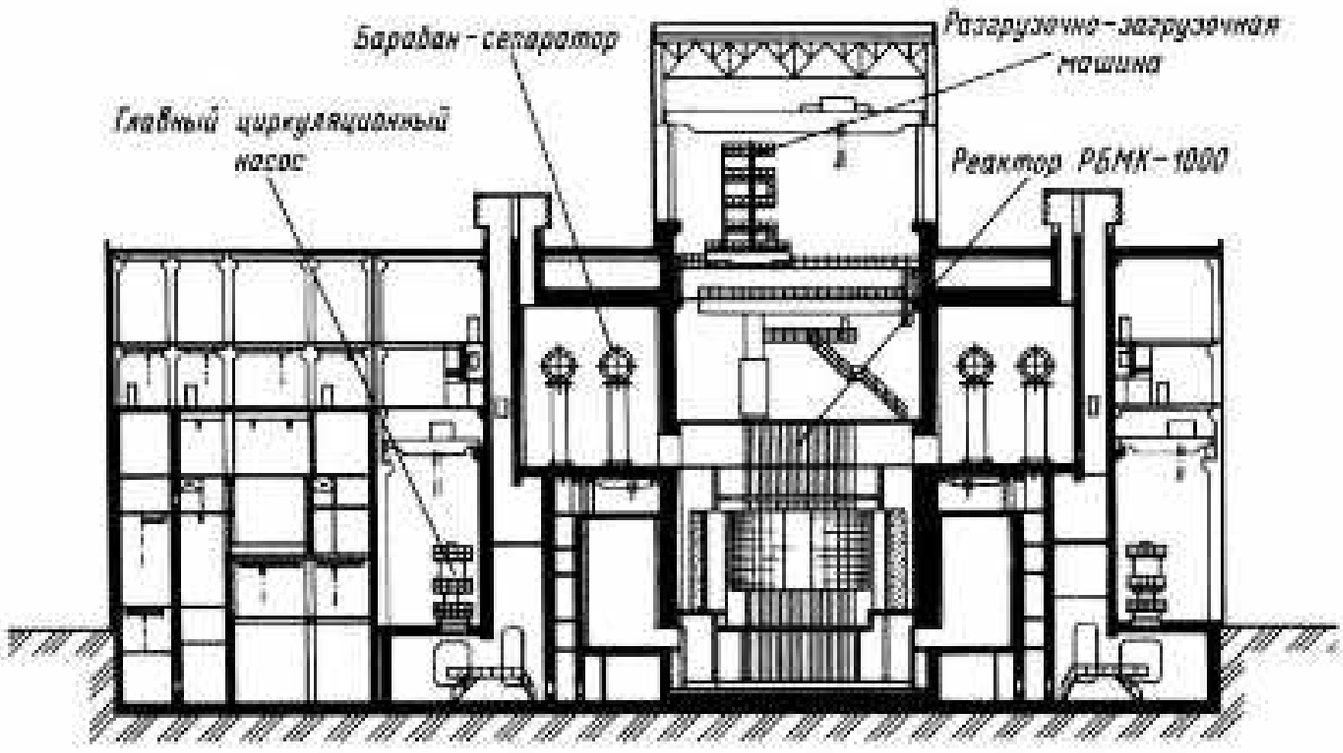
Принципиальная схема Ленинградской АЭС

снижения его мощности; возможность контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов.

Ленинградская АЭС в системе Ленэнерго является надежным поставщиком электроэнергии и к своему десятилетнему юбилею выработает более 150 млрд. кВт • ч».

Основные характеристики энергоблока с реакторами РБМК-1000 первой очереди Ленинградской АЭС приведены ниже:

Электрическая мощность, МВт	1000
Тепловая мощность реактора, МВт	3200
КПД, %	28,8
Высота активной зоны, м	7
Диаметр активной зоны, м	11,8
Число технологических каналов	1693
Загрузка ураном, т	192
Обогащение урана, %	2
Материал оболочек тепловыделяющих элементов	Сплав циркония с ниобием
Расход воды через реактор, т/ч	37 500
Давление в сепараторах, МПа	7
Паропроизводительность реактора, т/ч	5600
Параметры пара перед турбинами:	
давление, МПа	6,5
температура, °С	280

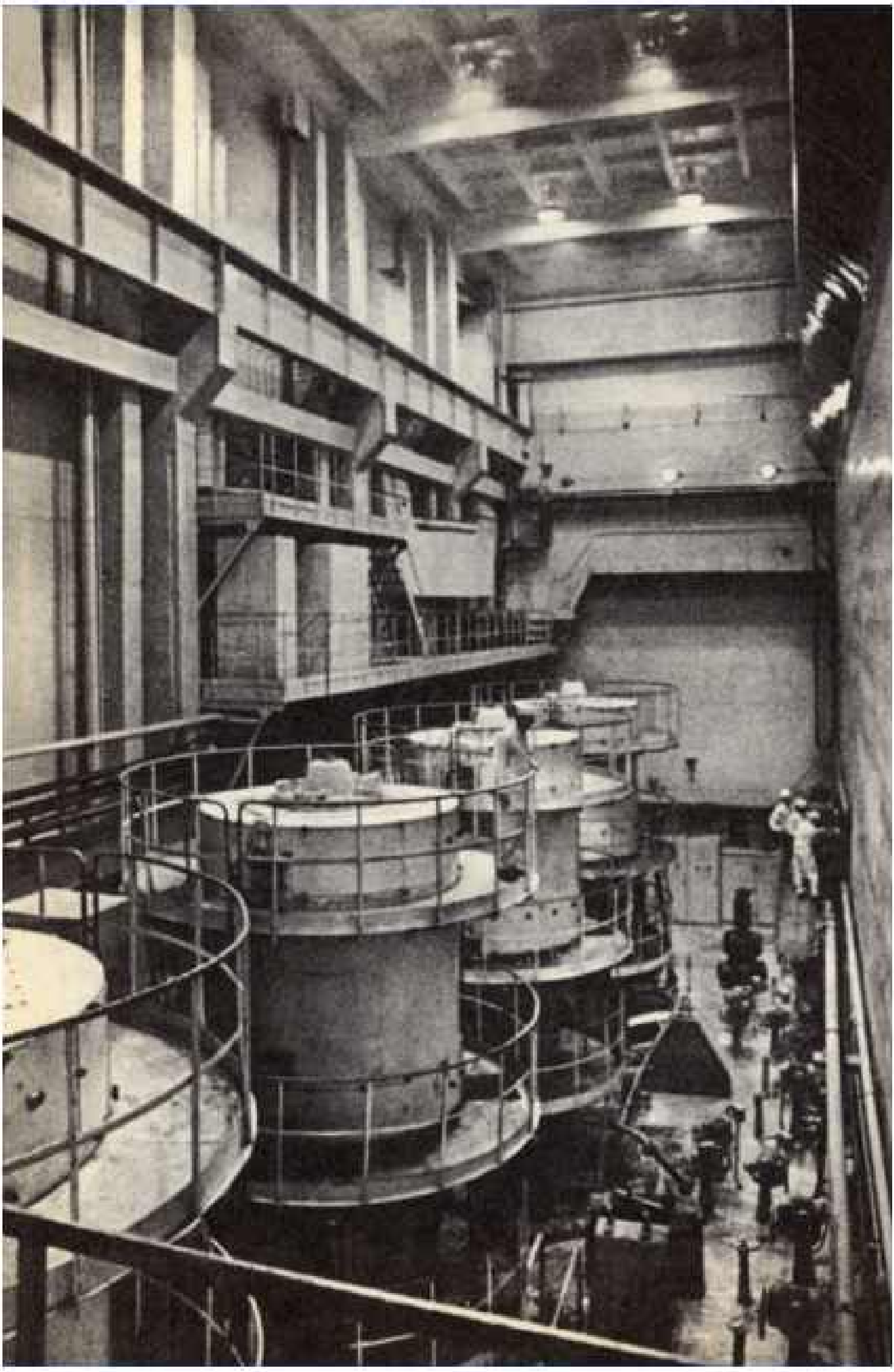


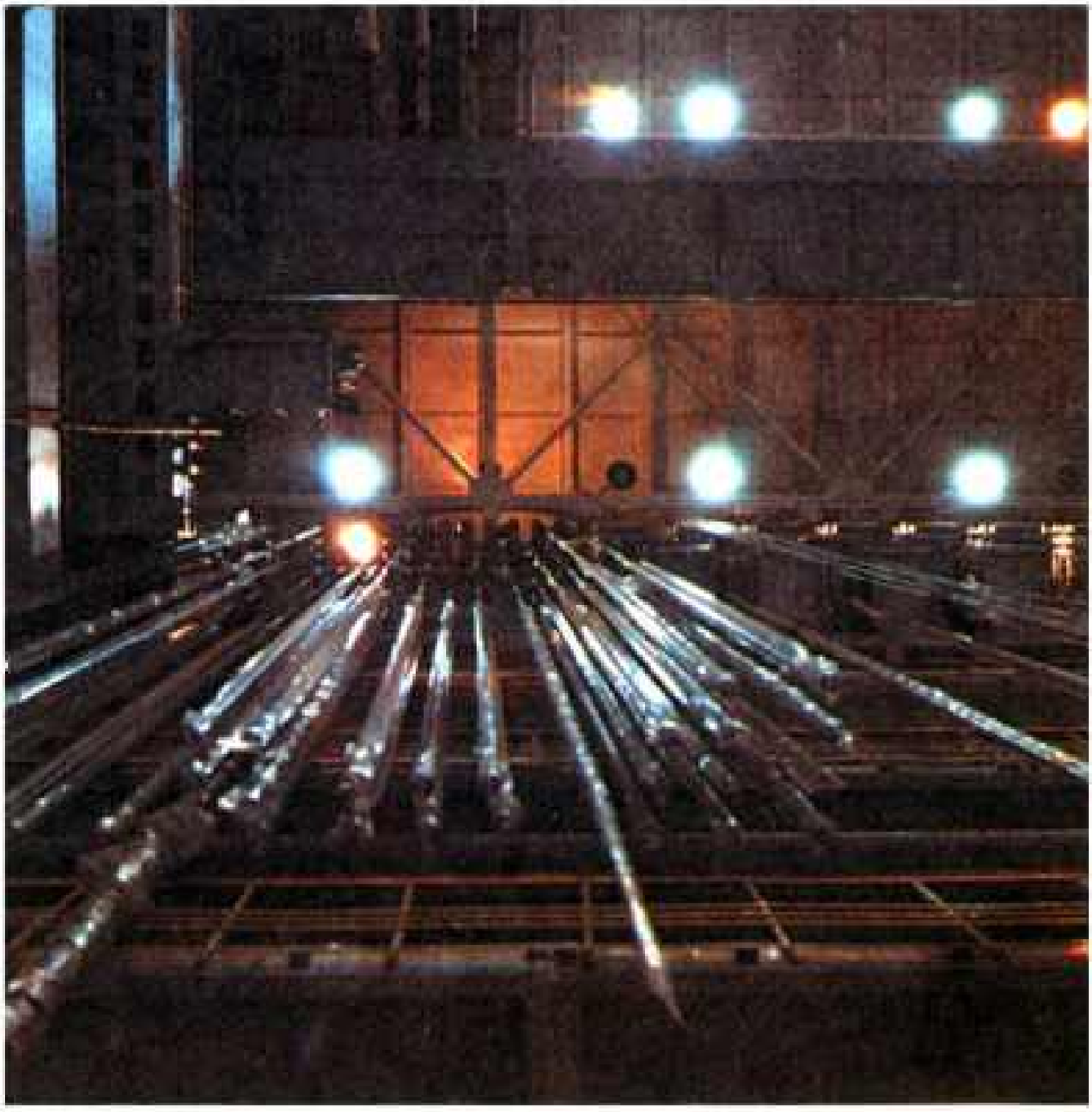
Разрез энергоблока

Ядерный реактор.
Здесь высвобождается энергия атома

Турбогенераторная установка. Здесь энергия преобразуется

Главные циркуляционные насосы





Энергоблок с реактором РБМК работает по одноконтурной схеме производства пара, в которую входит контур многократной принудительной циркуляции, состоящий из двух параллельных петель, включающих в себя два барабана-сепаратора для сепарации пара, технологические каналы и четыре главных циркуляционных насоса, а также из двух турбоустановок, конденсатно-питательного тракта, паросбросных и пароприемных устройств и ряда других систем.

Нормальная и безопасная эксплуатация реактора обеспечивается работой ряда систем и устройств, в том числе узла подачи и регулирования питательной воды, системы охлаждения продувочной воды и расхолаживания реактора, контура охлажде-

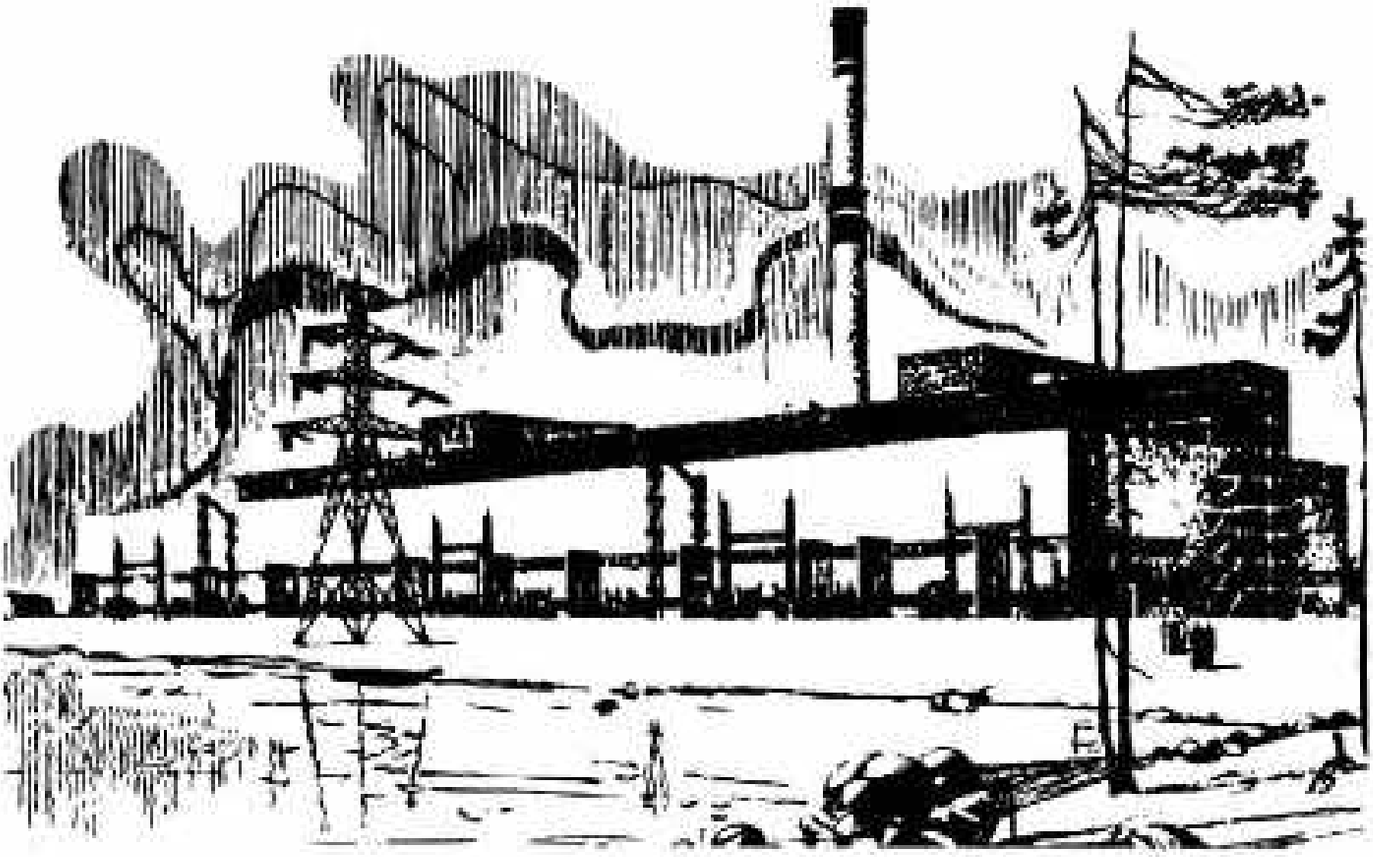
Торжественный митинг, посвященный присвоению Ленинградской АЭС имени Владимира Ильича Ленина

ния каналов системы управления и защиты, отражателя, водяной биологической защиты, системы аварийного охлаждения реактора, системы локализации аварий, вспомогательного промежуточного контура и газового контура.

Циркуляция теплоносителя через реактор осуществляется главными циркуляционными насосами. Вода при температуре 270° С распределяется индивидуальными трубопроводами по технологическим каналам. Двигаясь вверх по каналам и омывая тепловыделяющие элементы, вода нагревается, частично испаряется (среднее паросодержание 15 %) и в виде пароводяной смеси поступает в сепараторы. Сепарированный пар с расходом 5400 т/ч при давлении 7 МПа и температуре 284° С по восьми главным паропроводам диаметром 426 мм направляется к двум турбогенераторам мощностью по 500 МВт, где энергия пара преобразуется в электрическую, как на обычных тепловых электростанциях.

Конденсат из конденсаторов турбин после очистки и подогрева смешивается в сепараторах с теплоносителем контура многократной принудительной циркуляции и с помощью главных циркуляционных насосов подается в технологические каналы реактора.

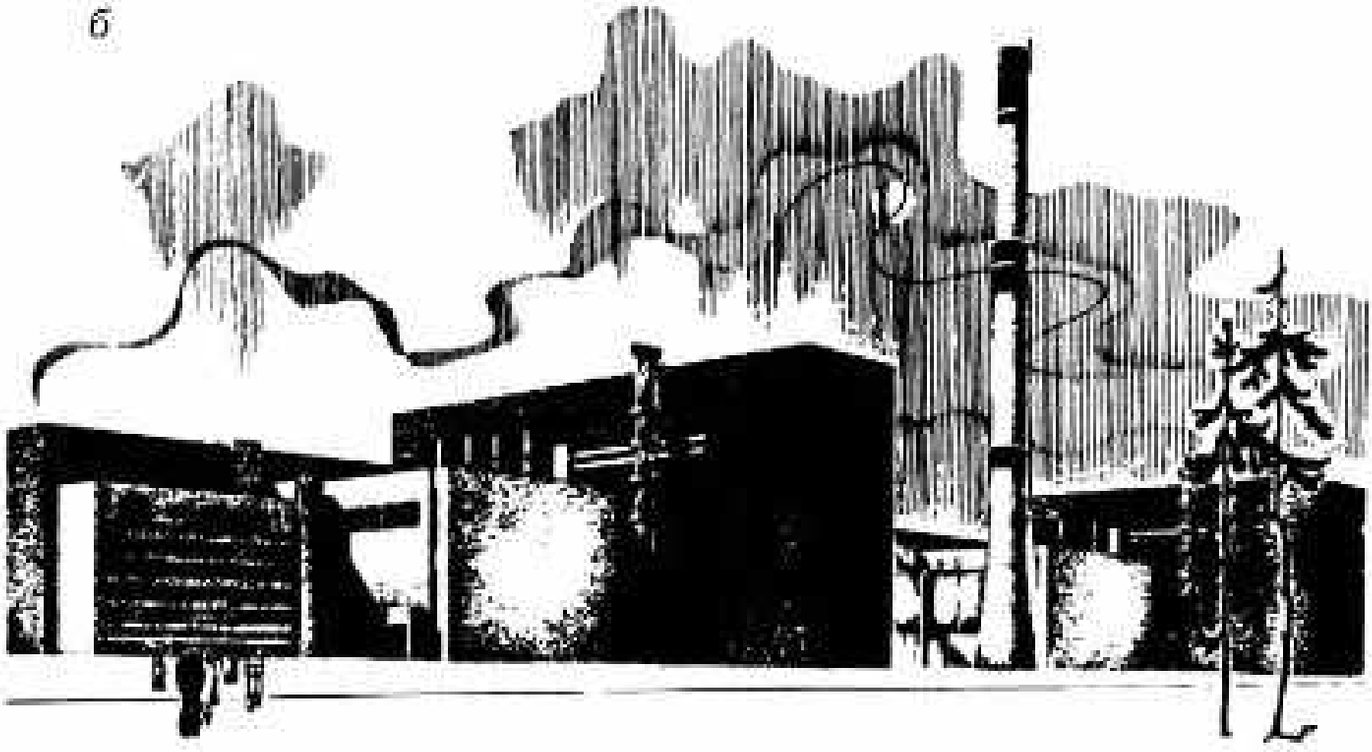
Реактор оснащен системой управления и защиты, которая автоматически поддерживает работу реактора на заданном



а

уровне мощности или переводит реактор на другие уровни мощности, вплоть до его остановки; системой физического контроля распределения энерговыделения по высоте и радиусу активной зоны; системой контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов; системой поканального контроля и регулирования расхода теплоносителя; системой контроля целостности технологических каналов реактора и другими системами. На

б



Такой она была задумана (а, б)

каждом энергоблоке имеется автоматическая система централизованного контроля, позволяющая измерять и регистрировать параметры энергоблока. Система использует цифровую ЭВМ как для обработки информации, так и для оперативного расчета ряда важных для эксплуатации параметров.

Эксплуатация Ленинградской АЭС показала высокую надежность и безопасность реакторов РБМК. Этот тип реактора в настоящее время является одним из основных в большой энергетике нашей страны. (Более полные сведения о конструктивных и технологических особенностях реакторов РБМК можно получить в книге Н. А. Доллежаля и И. Я. Емельянова «Канальный ядерный энергетический реактор». М., 1980.)

Свидетельством высокой оценки труда создателей первого энергоблока станции явилось присвоение Ленинградской атомной электростанции Постановлением Совета Министров РСФСР от 18 января 1974 года имени Владимира Ильича Ленина.

Ленинградская атомная становилась флагманом советской атомной энергетики, знаменуя собой новый этап в дальнейшем воплощении в жизнь великих ленинских идей электрификации нашего народного хозяйства.

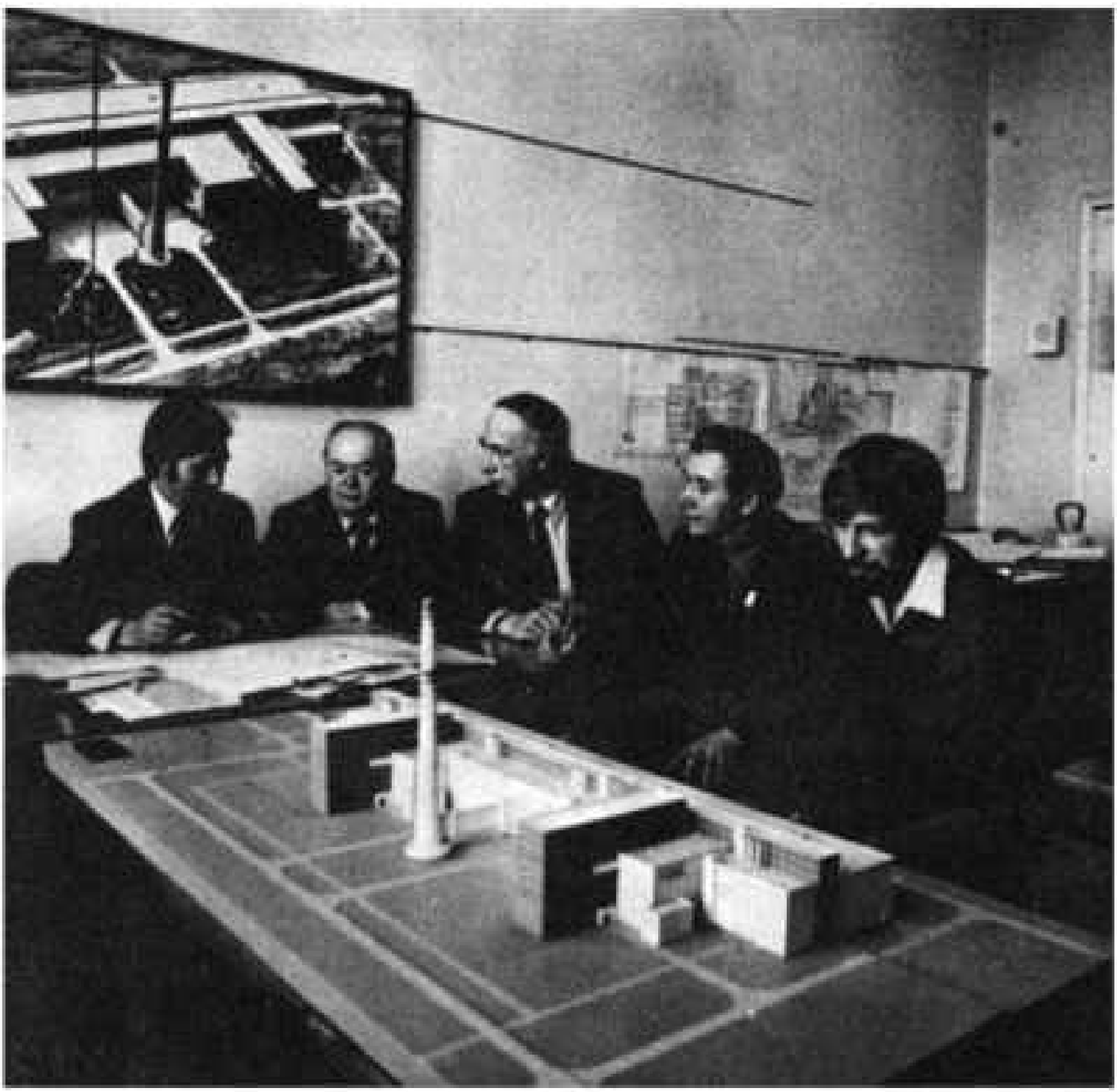
С освоением проектной мощности четырех энергоблоков станция способна вырабатывать в течение года до 28 млрд. кВт · ч электроэнергии. Кроме того, опыт эксплуатации Ленинградской АЭС показал, что АЭС — экологически самые чистые станции.

Строительство Ленинградской АЭС потребовало от зодчих использования новых выразительных средств и архитектурных форм, создающих облик передового промышленного предприятия эпохи научно-технической революции.

Своими мыслями о станции, о ее своеобразном архитектурном облике делится член Союза архитекторов, лауреат Государственных премий архитектор И. Б. Орлов:

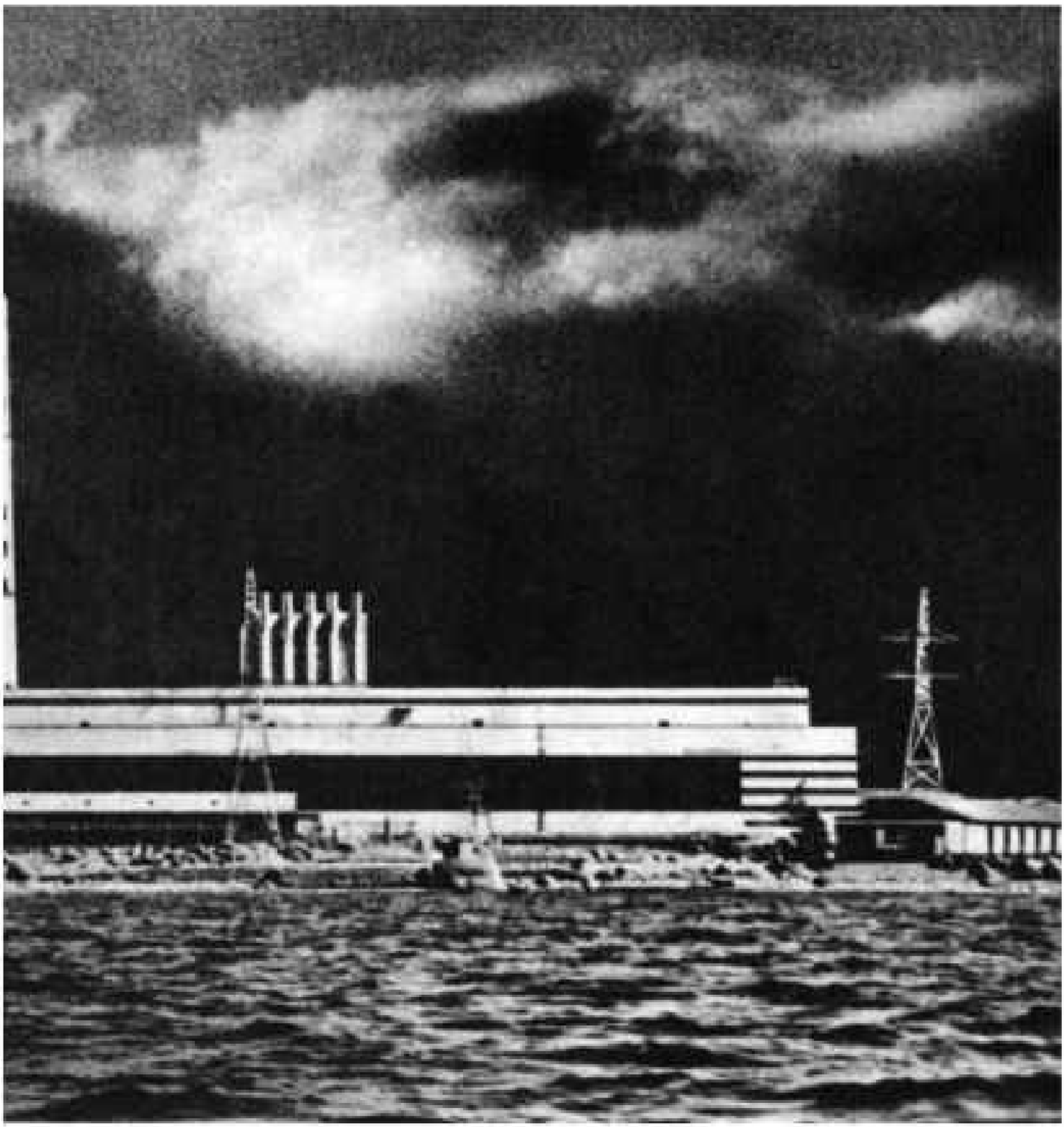
«Общество все настойчивее ставит перед зодчими задачу создания функционально совершенной, гармонически завершенной и художественно выразительной среды для всесторонней жизнедеятельности советских людей, для их труда, быта и отдыха. Огромная роль в формировании такой искусственной материальной среды, специально созданной для активной трудовой деятельности, занимающей, как известно, значительное место в жизни человека, принадлежит промышленной архитектуре.

Своеобразный, уникальный художественный облик Ленинградской атомной электростанции складывался под влиянием трех основных композиционных задач: во-первых, стремления отразить в архитектуре комплекса художественный идеал нашего времени — величественной эпохи развитого социализма; во-вторых, необходимости органичной связи с природным окружением, с естественным ландшафтом, с безбрежными просторами акватории Финского залива; и, наконец, в-третьих, воплощения тех характерных типологических черт, которые органически присущи своеобразию технологических процессов, происходящих в данном комплексе».



О грандиозности этого сооружения можно судить по тому, что строительный объем только одного главного корпуса первой очереди станции составляет 1 200 000 м^3, высота реакторного блока достигает 56 м, а протяженность главного фасада — более 400 м.

Лаконичные, четкие объемы реакторных блоков, имеющих



характерный силуэт, создают выразительный метрический ряд, придающий комплексу станции крупный архитектурный масштаб, соответствующий ее значению.

В формировании устойчивого архитектурно-художественного облика энергетического сооружения, в выражении его характерных типологических особенностей значительная роль

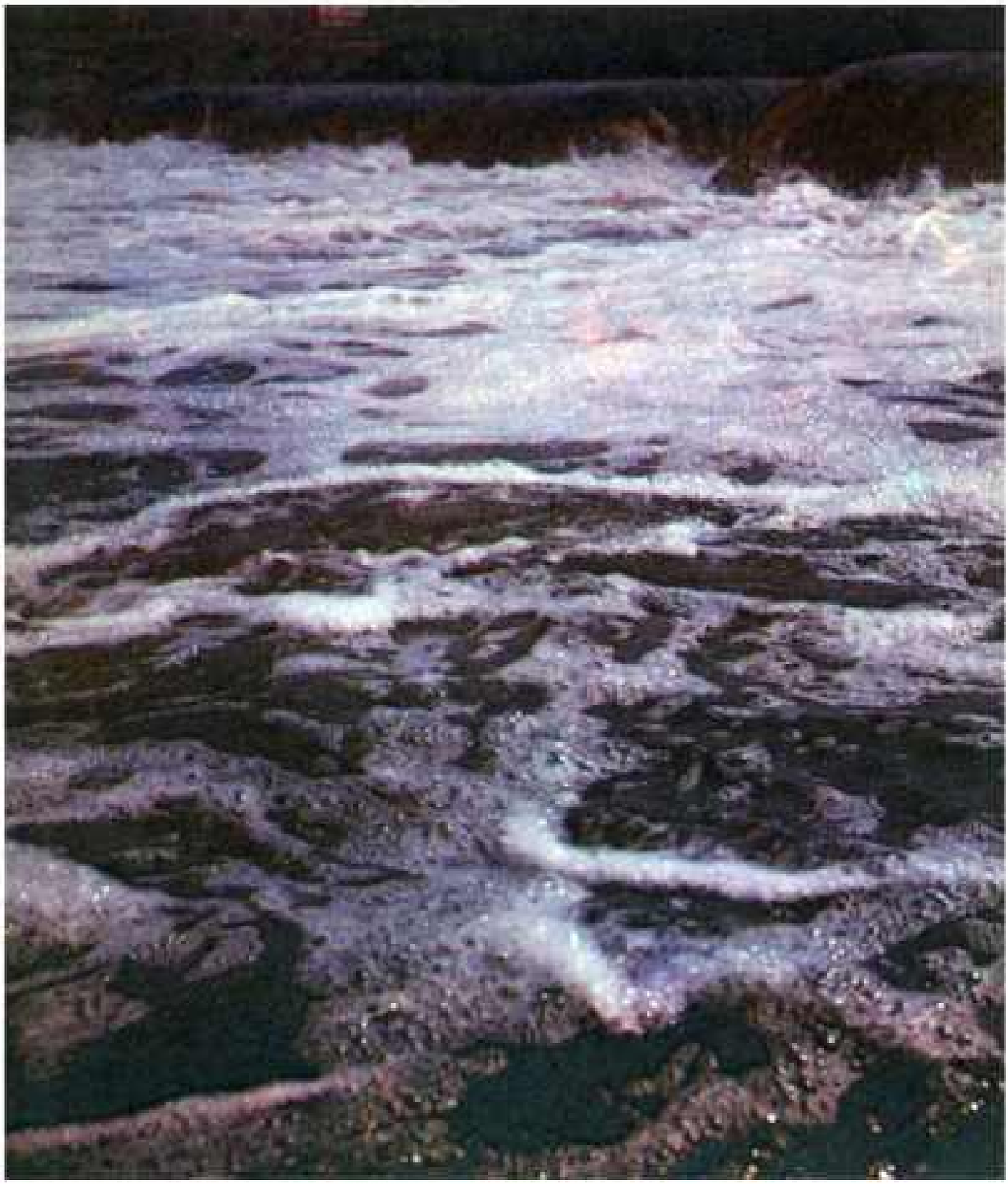
принадлежит широкому включению в композицию элементов техники. Вертикаль вентиляционной трубы, занимающая центральное место в общей пространственной структуре комплекса, имеет решающее значение в создании запоминающегося архитектурного облика всего комплекса.

Особенно выразителен силуэт станции со стороны залива, построенный на активном контрасте вертикали с протяженным фасадом машинного зала, ориентированным на южную сторону горизонта и потому хорошо освещенным и ясно видимым с достаточно удаленных точек. Фасад этого грандиозного сооружения выполнен из крупных железобетонных панелей, облицованных цветной стеклянной плиткой.

Сдержанное колоритное решение соответствует грандиозности масштаба, монументальности сооружения.

Идея блочности основной технологической схемы комплекса, активно выраженная в его объемно-пространственной структуре, подчеркнута выделением объемов основных реакторных блоков более насыщенной цветовой характеристикой, причем если в первой очереди этот прием только намечен в нюансном сочетании светло-серых и белых тонов, то во второй очереди он прозвучал активным мажорным акцентом кобальтово-синих реакторных блоков и деаэраторной этажерки на спокойном белом фоне остальных корпусов станции, что явилось гармоничным дополнением к спокойному природному окружению, хорошо сочетающимся с зеленью окружающих лесов, с жемчужно-серым цветом ленинградского неба и северного моря.

2 НАЧАЛО



Турбины охлаждаются водой из Финского залива

Исследования советских ученых, инженеров и конструкторов всегда были направлены на поиск принципиально новых путей и возможностей ускорения научно-технического прогресса и преобразования производственных сил страны. В такой молодой отрасли народного хозяйства, как атомная энергетика, это имеет особое значение. Постоянное совершенствование атомной техники, смелый поиск новых конструкторских и инженерных решений, выход на новые уровни единичной мощности энергетических блоков, максимальное использование возможностей нашей промышленности, широкое и быстрое внедрение эффективных научных и технических разработок в народное хозяйство — вот характерные черты научных исследований большого коллектива советских ученых, инженеров и конструкторов, работающих в области использования атомной энергии. Именно из таких принципов исходили создатели уникального проекта Ленинградской АЭС, реализация которого открыла новую страницу в истории советской и мировой атомной науки и техники.

Решение сложной задачи сооружения станции стало возможным благодаря творческому и деловому содружеству коллективов, возглавляемых научным руководителем, главным конструктором, главным проектировщиком, эксплуатационников, строителей, монтажников и многих организаций.

Разработка проекта АЭС начинается с реактора. Его конструкция в основном определяет, как скоро сможет промышленность воплотить его в жизнь, каковы возможности серийного производства. В короткой истории атомной энергетики создание реактора новой конструкции, освоение более высокого уровня мощности всегда было началом нового этапа, отправным пунктом для дальнейшего научного поиска.

Рождение Ленинградской АЭС явилось результатом прове-

денных в нашей стране многолетних разработок канальных реакторов.

История канальных уран-графитовых энергетических реакторов началась с пуска 27 июня 1954 г. первой в мире АЭС в Обнинске — Первой атомной.

Следующий этап развития реакторов канального типа — Белоярская АЭС имени И. В. Курчатова суммарной мощностью 300 МВт, впервые продемонстрировавшая возможность ядерного перегрева пара в промышленных масштабах. На Белоярской АЭС установлены два энергоблока электрической мощностью 100 и 200 МВт. Физический пуск реакторов состоялся соответственно в сентябре 1963 г. и октябре 1967 г.

Накопленный опыт к середине 60-х годов позволил поставить перед советскими учеными, инженерами, конструкторами и другими специалистами в области реакторостроения большую и ответственную задачу создания энергетического реактора мощностью 1 млн. кВт. Такой единичной мощности не знала в то время ни энергетика, базирующаяся на органическом топливе, ни ядерная энергетика как в СССР, так и на европейском континенте.

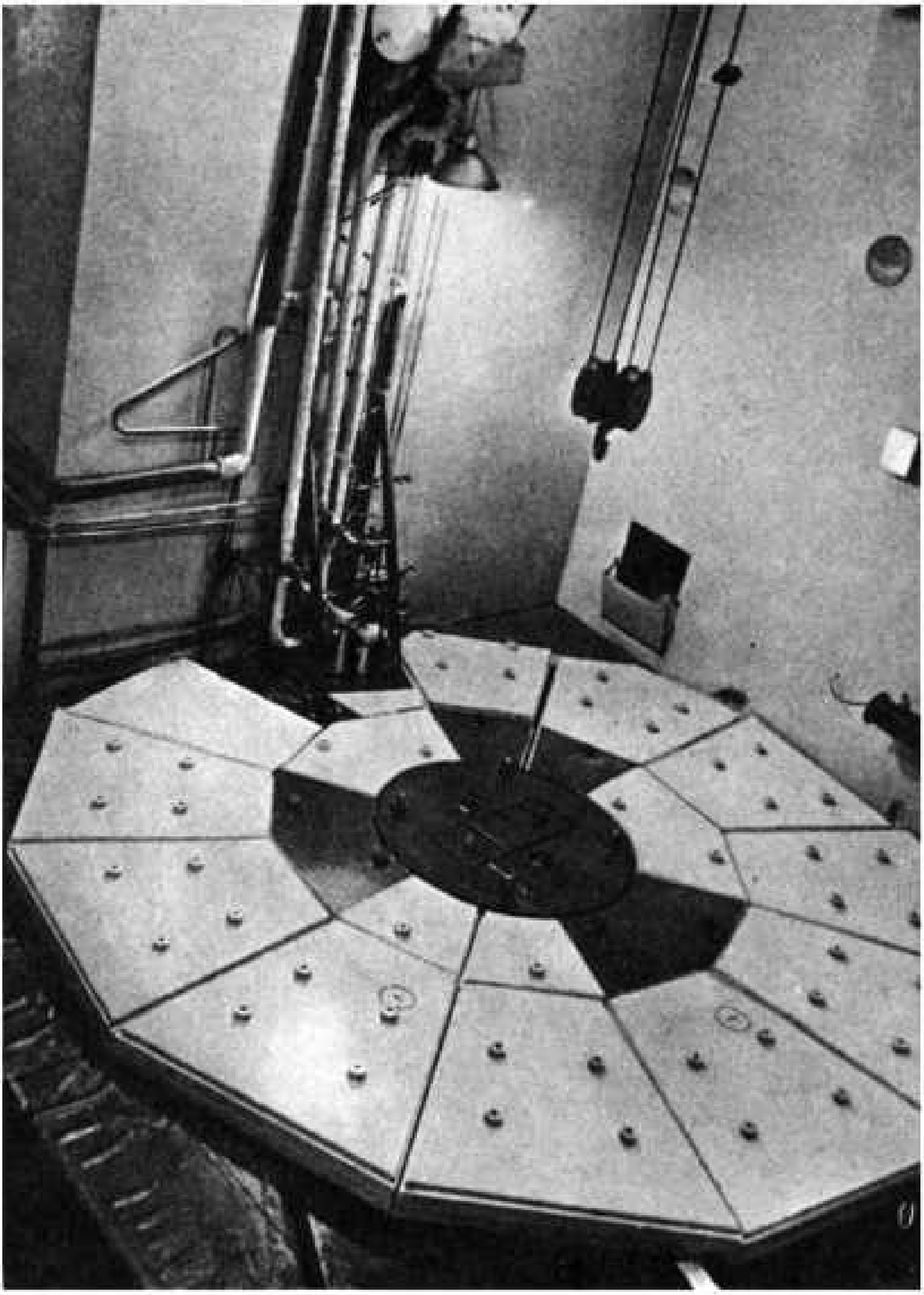
В 1965 г. было принято решение о разработке проекта АЭС с реактором РБМК электрической мощностью 1000 МВт. Научное руководство проектом было поручено Институту атомной энергии имени И. В. Курчатова (ИАЭ), разработка кон-

струкции реактора — Научно-исследовательскому и конструкторскому институту энерготехники (НИКИЭТ). Коллектив НИКИЭТ наилучшим образом мог синтезировать накопленный опыт для создания конструкции нового канального уран-графитового энергетического реактора большой мощности.

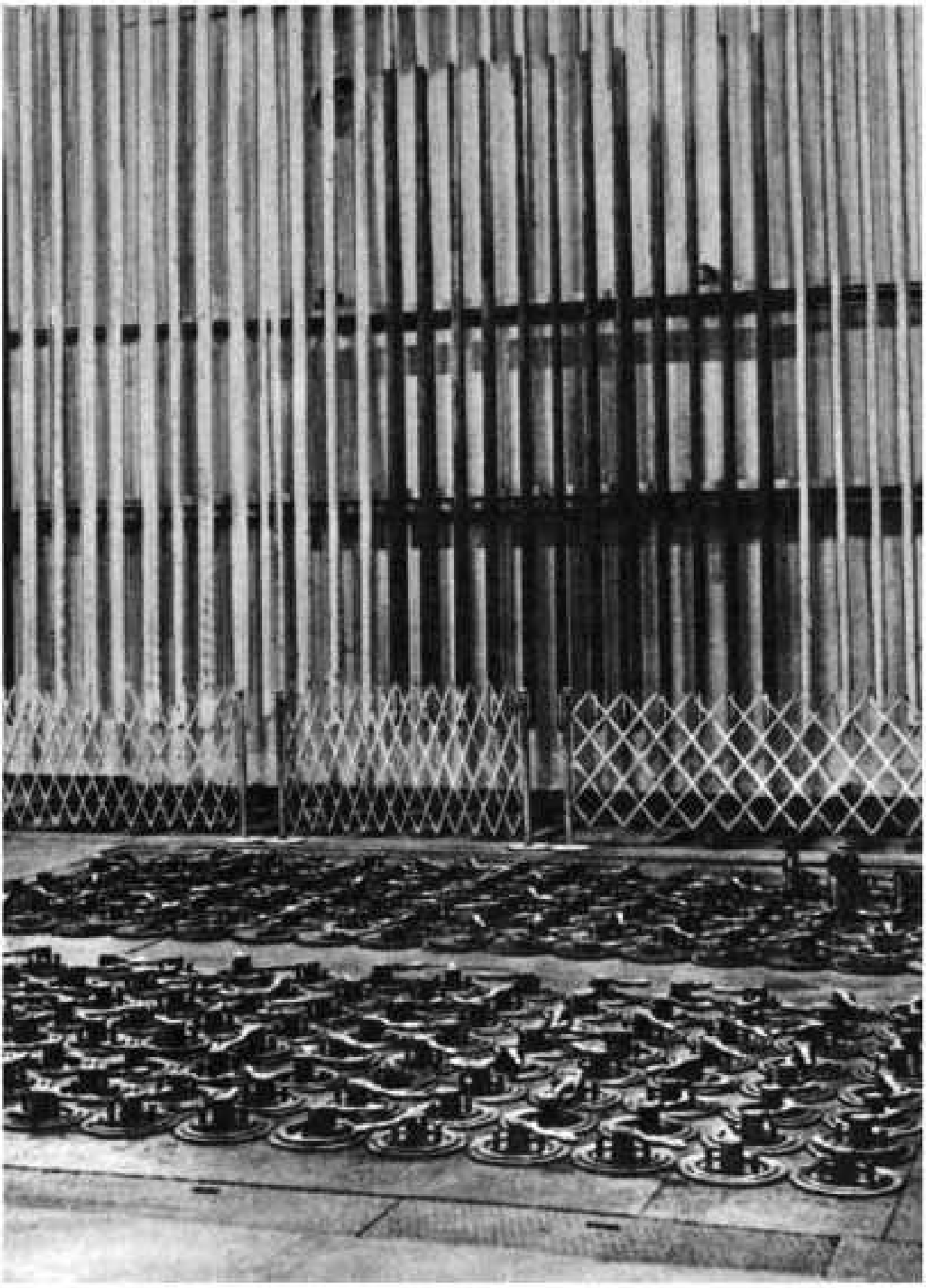
Перед коллективами ИАЭ и НИКИЭТ — физиками, конструкторами, теплотехниками, специалистами в области управления и защиты и другими — встала сложнейшая задача. Предстояло найти решения научно-технических проблем, не имевшие аналога ни в отечественной, ни в мировой практике реакторостроения.

Необходимо было отработать методику физических и динамических расчетов, выполнить комплекс конструкторских, теп-

На основе реактора компонуется энергоблок



История реакторов РБМК начинается с реактора Первой атомной



Первое топливо для Первой атомной

лотехнических и физических исследований на экспериментальных стендах и петлевых установках, разработать, сконструировать, изготовить и испытать сложную систему контроля, управления и защиты реактора, разработать биологическую защиту реактора, обеспечивающую полную его безопасность, разработать требования к энергетическому и транспортно-технологическому оборудованию реактора, провести разносторонние технико-экономические исследования, направленные на выявление экономически оптимальных конструкторских решений, с учетом перспектив широкого развития АЭС с реакторами типа РБМК.

Требовалось создать такую конструкцию реактора, которая, с одной стороны, максимально отвечала бы современному уровню реакторостроения и возможностям отечественного машиностроения, с другой — имела бы перспективы дальнейшего усовершенствования.

Основной объем работ в этом направлении был выполнен сотрудниками НИКИЭТ.

К числу наиболее сложных и ответственных элементов уникального реактора относились графитовая кладка, коммуникации, обеспечивающие циркуляцию теплоносителя в каналах, а также циркуляцию газовых сред в реакторном пространстве, технологический канал со сложной системой элементов, обеспечивающей его герметичность и возможность выгрузки тепловыделяющих сборок из работающего реактора, система регулирования расхода теплоносителя и др.

Одной из основных особенностей реактора РБМК-1000, в принципе отличающих его от канальных уран-графитовых реакторов предыдущих поколений и делающих его экономичным, является конструкция тепловыделяющей сборки. Использование в ней стержневых тепловыделяющих элементов с циркониевыми оболочками позволило обеспечить баланс нейтронов, высокое выгорание топлива и, как следствие, низкую топливную составляющую себестоимости электроэнергии.

Эти разработки велись в тесном сотрудничестве с Всесоюзным научно-исследовательским институтом неорганических материалов.

Разработанная надежная и экономичная конструкция тепловыделяющих сборок в дальнейшем полностью оправдала себя при эксплуатации реактора.

Ядерное топливо
для реактора Ленинградской атомной

Для изучения динамики реактора РБМК были развернуты следующие комплексные расчетно-теоретические и методические работы:

разработка алгоритмов и программ для решения на ЭЦВМ задач нелинейной пространственной динамики и регулирования реактора с учетом работы основного оборудования АЭС и систем тепловой автоматики;

конкретные исследования динамики и регулирования реактора РБМК;

экспериментальная отработка элементов и структур систем регулирования реактора на действующих реакторах Белоярской АЭС и на специальных стендах. Комплекс этих исследований позволил проверить основные идеи, связанные с разработкой систем управления и регулирования, не имеющих аналогов в практике отечественного проектирования;

разработка методов экспериментальных исследований физических и динамических характеристик реактора и отработка систем контроля регулирования и аварийной защиты с учетом особенностей эксплуатации мощных АЭС в стационарных, пере-

Рассчитываются все элементы реактора

ходных и аварийных режимах.

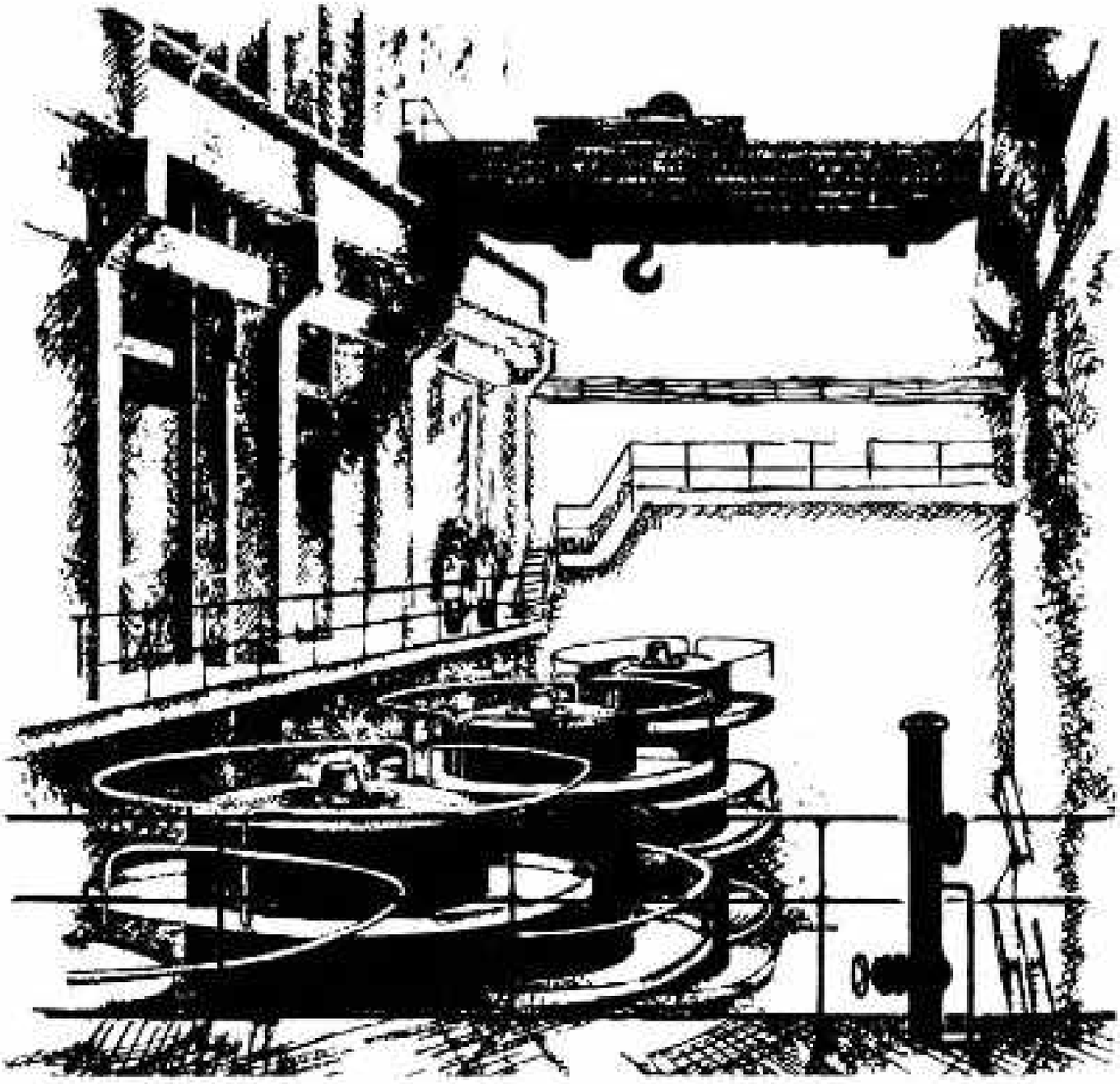
Большой комплекс экспериментальных и научно-исследовательских работ по динамике на всех этапах пуска и освоения проектных параметров блока явился одним из важных факторов успешного освоения в короткие сроки головного блока АЭС с реактором РБМК-1000.

Для обеспечения эффективной и надежной эксплуатации реактора была разработана уникальная система управления и защиты. К ней предъявлялись особые требования в связи с большими размерами активной зоны и сложностью картины распределения полей энерговыделения, обусловленной большим числом тепловыделяющих сборок, имеющих различную степень выгорания в процессе эксплуатации реактора, а также наличием 179 стержней системы управления и защиты реактора, которые могут находиться в различных положениях по высоте активной зоны.

Поскольку в качестве теплоносителя в реакторе РБМК-1000 используется кипящая вода, то обычные теплотехнические методы определения мощности тепловыделяющих

а

Обсуждаются проектные решения (а, б, в, г)



б

сборок и распределения энерговыделения по радиусу и по высоте активной зоны оказались неприменимыми. В связи с этим были разработаны, изготовлены и испытаны в натурных условиях новые датчики потоков нейтронов и γ-квантов, способные многие годы надежно работать с высокой точностью в тяжелых радиационных и температурных условиях внутри активной зоны.

К моменту начала проектирования реактора подобных датчиков энерговыделения не существовало. Отдельные экспериментальные образцы не удовлетворяли ни по сроку возможного пребывания в реакторе, ни по габаритным размерам для установки их в активную зону. В результате большой научно-

в

исследовательской работы такие датчики были созданы и освоены промышленностью.

Контроль распределения мощности по высоте активной зоны осуществляется с помощью аналогичных датчиков.

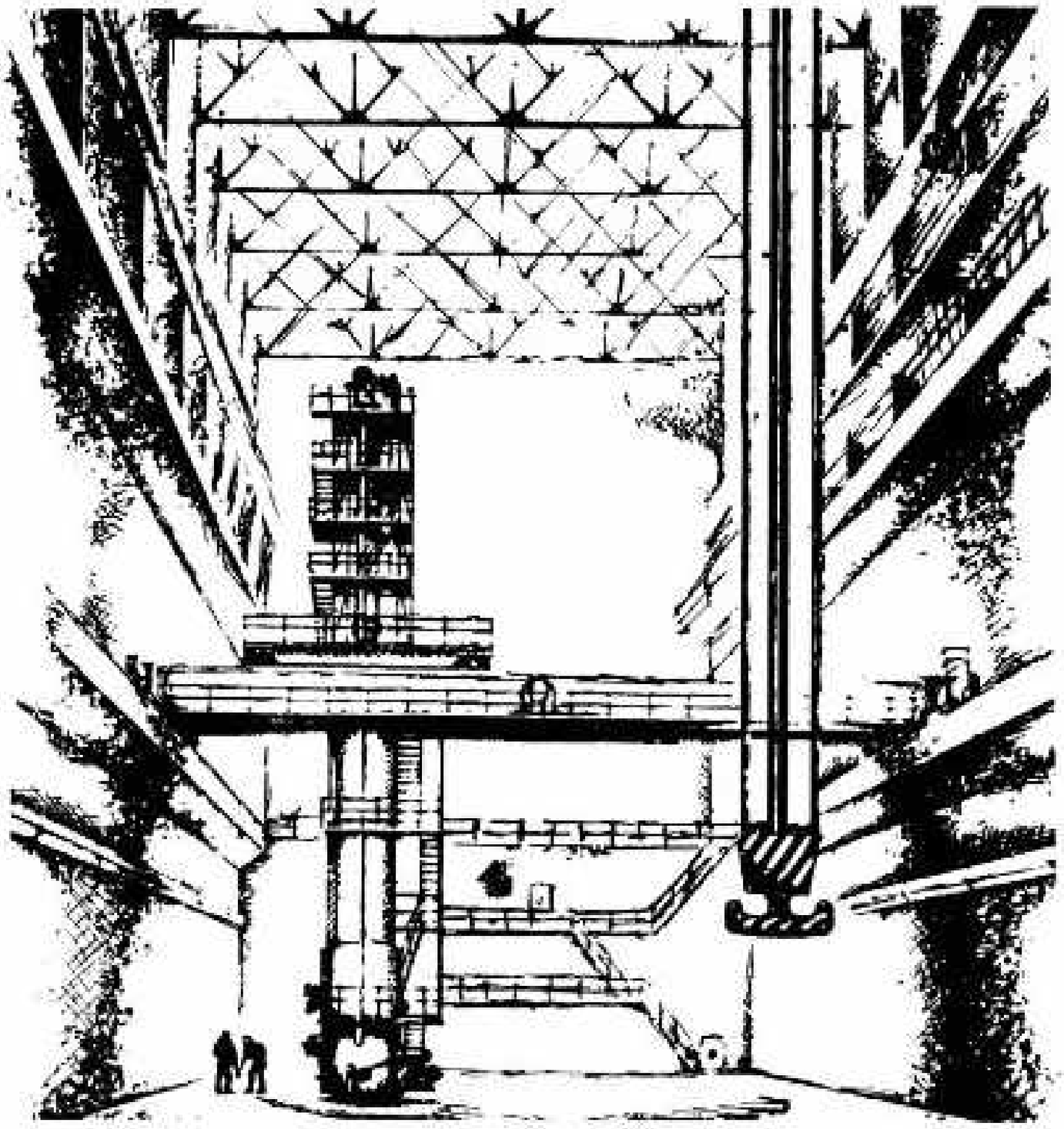
Для системы стабилизации полей энерговыделения были разработаны, изготовлены и испытаны малогабаритные триаксиальные камеры деления, не имеющие аналогов ни в нашей стране, ни за рубежом. Конструкция камер была запатентована в ряде стран, в том числе в Англии, Франции, ФРГ, США, Швеции и Японии. Высокую надежность камер деления подтвердил опыт их эксплуатации на Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина.

Разработка системы управления и защиты, несмотря на целый ряд трудностей, неизбежных при создании новых систем, была закончена в установленные сроки, и жизнь подтвердила правильность принятых технических решений. Система управления и защиты обеспечивает надежную и безопасную работу всех 10 действующих энергоблоков с реакторами РБМК-1000.

Большой комплекс расчетно-теоретических и стендовых теп-

логидравлических исследований позволил выбрать оптимальные гидравлические характеристики циркуляционного контура.

В процессе проектирования реактора были решены сложные технические задачи, связанные с обеспечением прочности оборудования и трубопроводов. Для многих узлов реактора, работающих в условиях длительных статических и циклических нагружений и деформаций, накапливаемых в процессе эксплуатации, эти задачи имели решающее значение. На основе выполненных комплексных расчетно-экспериментальных исследований прочности и работоспособности узлов реактора, и прежде всего



элементов контура многократной принудительной циркуляции, были определены ресурсы и условия эксплуатации оборудования и трубопроводов реакторной установки.

Первостепенное значение имели разработки, обеспечивающие безопасность эксплуатации реактора. Технологический контроль реактора осуществляется системами физического контроля энерговыделения, поканального контроля расходов воды, температурного контроля графитовой кладки, металлоконструкций и каналов охлаждения отражателя, контроля целостности каналов и контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов. Задача обеспечения оптимальных условий работы реактора и АЭС в целом при большом потоке информации привела к необходимости создания автоматической системы

централизованного контроля на базе средств вычислительной техники, получившей наименование «Скала». Поток информации на АЭС с реактором РБМК-1000 столь велик (несколько тысяч контролируемых параметров), что оператор не смог бы воспринять его без этой новой системы.

Одной из основных задач, решаемых системой «Скала», является расчет мощности и условий работы каждой тепловыделяющей сборки на основании автоматического опроса сигналов датчиков энерговыделения, датчиков расхода воды, температуры и давления в контуре. В настоящее время математические методы дискретного контроля распределенных параметров активной зоны с помощью системы «Скала» стали важнейшим инструментом контроля за технологическим процессом на всех АЭС с реакторами РБМК-1000.

Проект реактора РБМК-1000 был выполнен в сжатые сроки. В откорректированном виде он был утвержден уже в июне 1967 г. Тогда же было утверждено проектное задание на строительство первой очереди Ленинградской АЭС.

Жизнь подтвердила как эффективность канального принципа конструкции реактора, так и правильность конструктивных решений. Реактор стал серийным, и основной прирост мощностей ядерной энергетики в нашей стране за последний период осуществлялся на электростанциях с реакторами РБМК.

Успешно решена и другая важная задача — возможность дальнейшего развития конструкции реактора при минимальных ее изменениях. Достаточно сказать, что в следующем поколении реакторов РБМК электрической мощностью по 1500 МВт, которые сейчас строятся, 85 % оборудования совпадает с освоенным промышленностью оборудованием реакторов РБМК-1000.

Проектирование Ленинградской АЭС с реактором РБМК-1000 было поручено Всесоюзному научно-исследовательскому и проектному институту комплексной энергетической технологии (ВНИПИЭТ).

Станцию необходимо было разместить в месте, сравнительно близко расположенном к основным промышленным центрам страны, которые могут изготовить и поставить сложное, крупногабаритное оборудование; требовалось также наличие значительного бассейна с охлаждающей водой. Этим условиям хорошо удовлетворял район Копорской Губы на Финском заливе в Ленинградской области. Ввод в действие в этом районе крупнейшей атомной электростанции решал задачу как расширения энергетической базы на ленинградской земле, так и укрепления энергосистемы Северо-Запада СССР.

Проектирование и строительство Ленинградской АЭС осуществлялись в две очереди, каждая — по два энергоблока. Созданием первой очереди станции решалась задача — в короткие сроки разработать и изготовить сложнейшее нестандартное оборудование, выполнить строительно-монтажные работы и осуществить в промышленных масштабах проверку научных, проектно-конструкторских решений этого уникального в мировой и отечественной практике сооружения с целью широкого повторного использования разработанных решений в строительстве ряда других аналогичных атомных электростанций. Очень много задач в разработке проекта Ленинградской АЭС пришлось решать впервые. И вот результаты:

рассчитаны параметры и определены условия работы технологического оборудования;

разработаны технические требования на нестандартное оборудование для комплектования реактора и технологических систем станции;

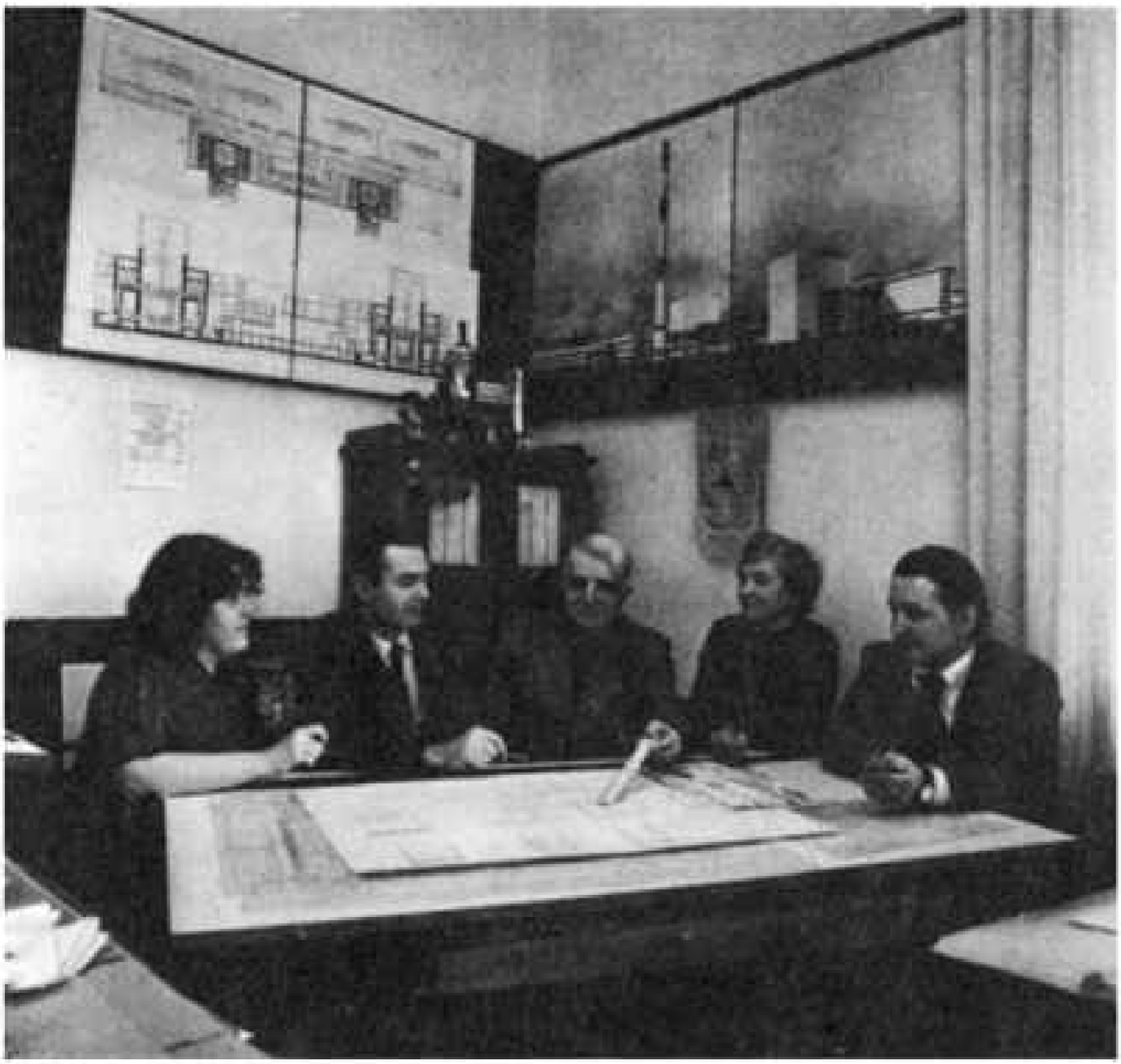
разработаны и внедрены схема и технология поддержания водно-химического режима теплоносителя;

разработаны компоновка оборудования и транспортно-технологический процесс;

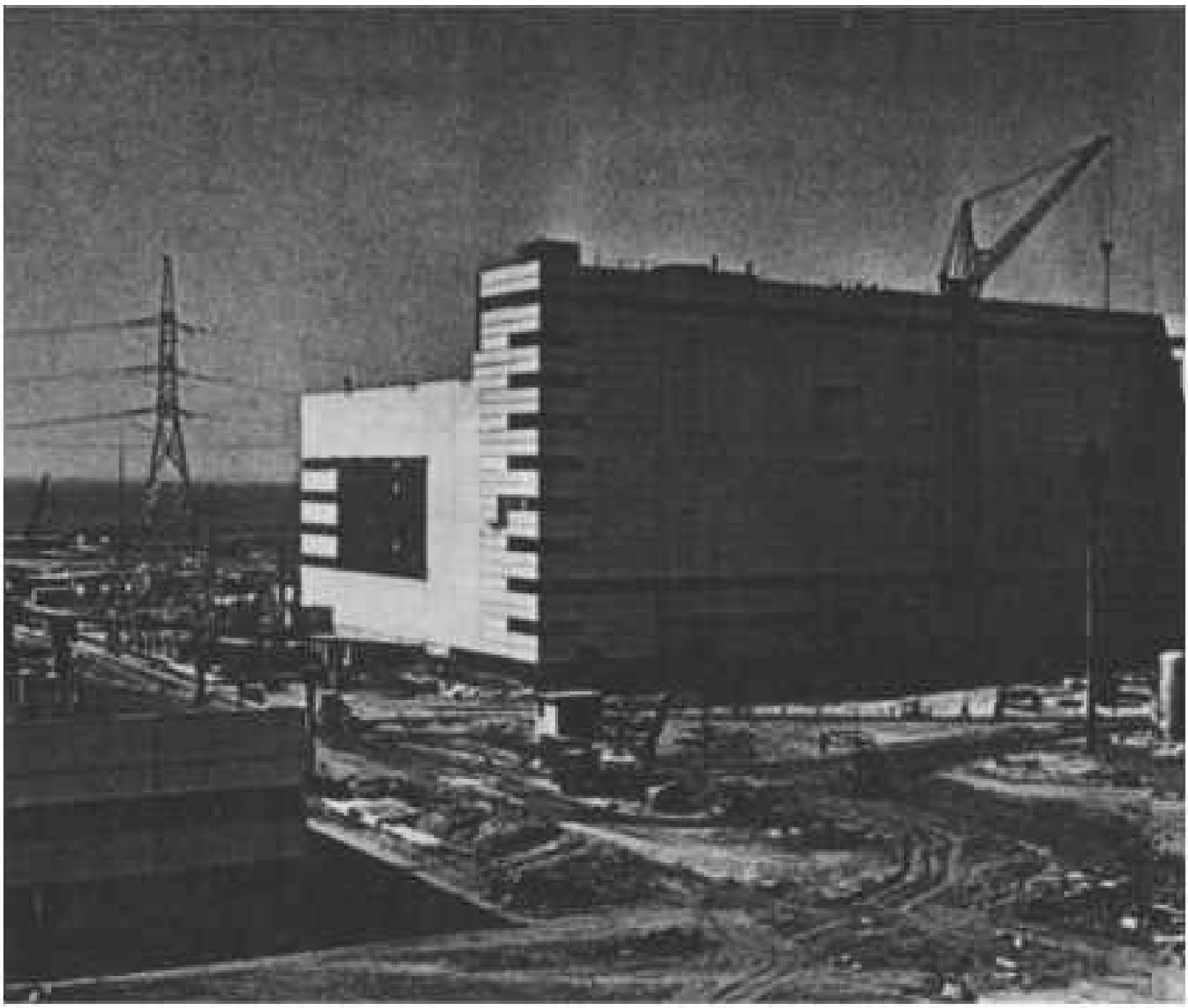
найдено оптимальное решение для проведения массовых операций по приему топливных кассет и технологических каналов с внешнего транспорта в центральный зал, их сборке и проверке перед установкой в реактор;

разработано принципиально новое в практике энергетики решение по теплоизоляции стен технологических помещений вместо индивидуальной теплоизоляции оборудования и трубопроводов, что создало благоприятные условия для их осмотра и ремонта, а также сократило объем капиталовложений;

разработана объемно-планировочная компоновка главного здания, позволившая в одном общем объеме больше 1 млн. м^3



Проектирование близится к концу

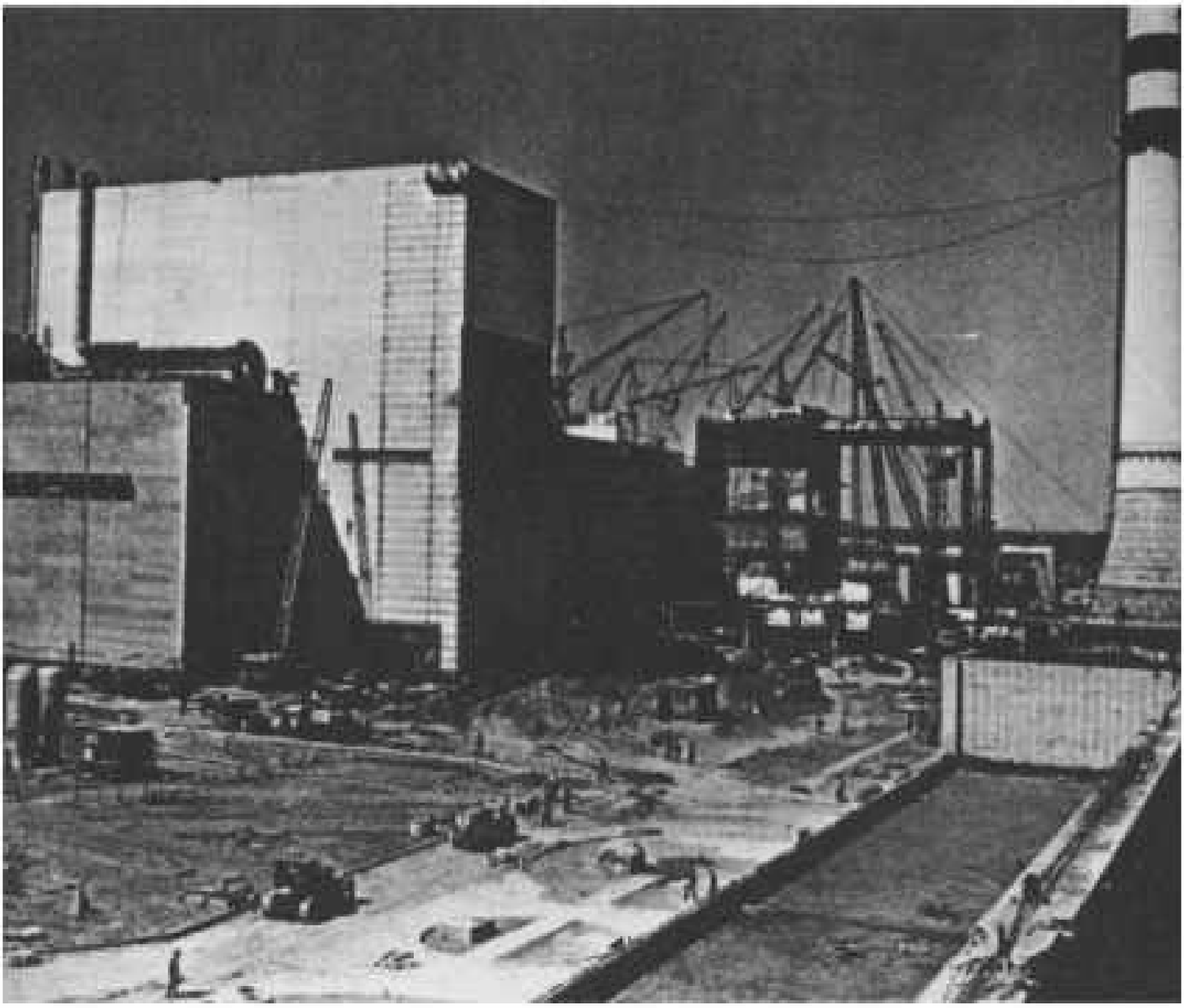


объединить помещения для двух энергетических реакторов с единым турбинным залом;

спроектированы гидротехнические сооружения для водозабора из Финского залива.

Высокие темпы строительства вызывали необходимость всемерного сокращения сроков проектирования. Лимит времени, отсутствие какого-либо близкого по инженерным решениям аналога потребовали от ведущих проектировщиков инженерной смелости и высокого профессионализма. В относительно короткий срок была создана принципиальная технологическая схема станции, проанализированы режимы ее работы, а также решены задачи компоновки основного технологического и тран-

Идея блочности воплощается. Монтируется второй блок



спортно-технологического оборудования в главном здании.

В этот период работа проектировщиков требовала исключительно большого напряжения, четкого взаимодействия и слаженности, творческого подхода к решению вопросов. Все проектирование Ленинградской АЭС постоянно проходило в условиях самого тесного рабочего взаимодействия и сотрудничества проектировщиков, конструкторских организаций, заводов — изготовителей оборудования — со строителями, монтажниками, эксплуатационниками и наладчиками, а также руководящими организациями и ведомствами. Это позволило оперативно и технически правильно решать возникающие в ходе проектирования проблемы и оказало существенную помощь проектировщикам

в своевременном и качественном выполнении проекта.

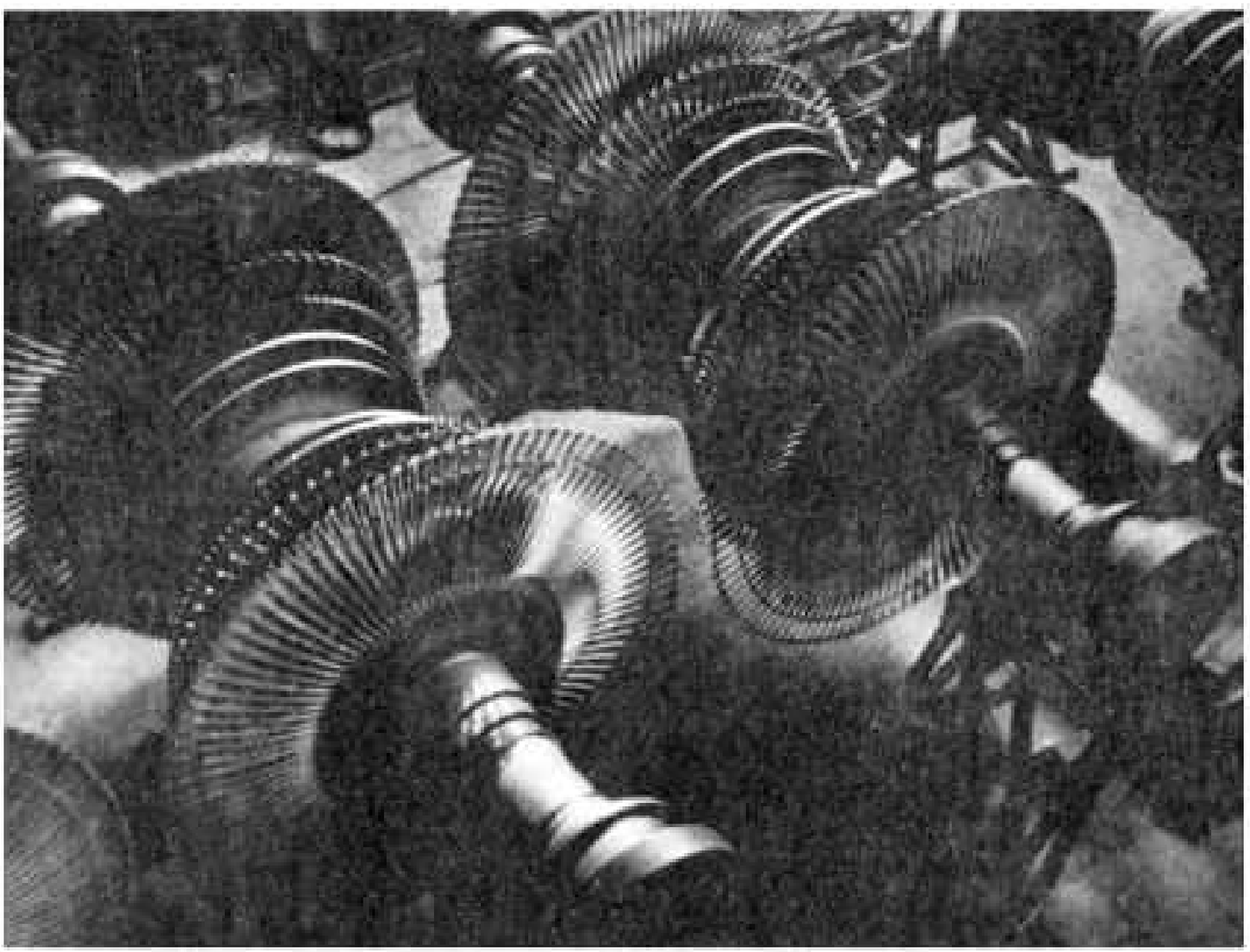
В результате предварительной проектной проработки было установлено, что для создания Ленинградской атомной электростанции с реакторами РБМК-1000 потребуется выполнение новых разработок и изготовление промышленностью практически всего основного технологического оборудования, трубопроводов диаметром 750—900 мм для первого контура, а также арматуры большого диаметра.

Одним из главных был вопрос о создании турбины и генератора. К этому времени в СССР уже было освоено производство паровых турбин и генераторов единичной мощности до 500 МВт. Однако эти турбины были рассчитаны на работу на перегретом паре с высокими параметрами и поэтому не могли быть использованы для работы на насыщенном паре, получаемом от реактора РБМК-1000. Таким образом, возникла необходимость разработки и создания новой турбины. При этом был рассмотрен вопрос: оснащать энергоблок станции одной турбиной мощностью 1000 МВт или двумя турбинами мощностью 500 МВт каждая? В результате всестороннего коллективного анализа организациями, участвующими в разработке проекта, было признано целесообразным установить две турбины мощностью 500 МВт. Как показал дальнейший опыт проектирования, стро-

Реализация проекта осуществляется под авторским надзором

нгельства и эксплуатации, это решение оказалось правильным, так как позволило проводить ревизию одной из двух турбин без прекращения работы всего энергоблока. Благодаря этому, а также возможности осуществления перегрузки реактора «на ходу» на Ленинградской АЭС впоследствии были достигнуты высокие показатели по использованию мощности.

В 1965 г. проектировщиками ВНИПИЭТ были составлены исходные требования на разработку и изготовление турбины мощностью 500 МВт для работы на Ленинградской атомной электростанции. Разработка технического проекта турбины К-500-65/3000 для работы на насыщенном паре при давлении 6,5 МПа с частотой вращения 300 об/мин была закончена в 1967 г. Такая уникальная турбина в СССР создавалась впервые. Проектом предусматривалось комплектование турбины генера-



Для Ленинградской атомной созданы новые турбины

тором ТВВ-500, изготовленным в Ленинградском производственном электромашиностроительном объединении «Электросила» имени С. М. Кирова. Уместно отметить, что мощность одного такого турбоагрегата равнозначна довоенной мощности всего Днепрогэса.

Следующей проблемой было создание барабанов-сепараторов для сепарации пара из образующейся в реакторе РБМК-1000 пароводяной смеси с обеспечением расхода пара до 5600 т/ч при высоких требованиях к качеству сепарации. Кроме того, совместно с конструкторами было определено, что сепараторы пара должны в своем объеме иметь также определенный запас воды, который в случае остановки реактора мог бы скомпенсировать паровую составляющую объема теплоносителя в системах труб и технологических каналов реакторов, а также не допустить кавитационного срыва работы главных циркуляционных насосов контура многократной принудительной циркуляции.

Конструктивная разработка сепараторов была выполнена специалистами ОКБ «Гидропресс», а изготовили сепараторы в Ленинградском объединении «Ижорский завод» имени А. А. Жданова.

Серьезной проблемой явилась также разработка главных циркуляционных насосов. В результате предварительных проектных проработок была установлена целесообразность оснащения реактора РБМК-1000 не одним общим, а двумя самостоятельными контурами многократной принудительной циркуляции воды. Это решение позволило сократить длину трубопроводов и облегчить условия возникновения естественной циркуляции воды в случае внезапного отказа всех главных циркуляционных насосов (восемь насосов на один реактор — по четыре в насосной с каждой стороны реактора).

Освоенных промышленностью насосов, удовлетворяющих условиям работы реактора РБМК-1000, в то время не было. В связи с этим были составлены исходные требования на разработку таких насосов. Для улучшения условий аварийного расхолаживания реактора было выдвинуто требование об оснащении насосного агрегата специальным маховиком, позволяющим существенно увеличить продолжительность выбега насоса (вращения по инерции) после внезапного самопроизвольного отключения электродвигателя. С целью оптимальной компо-

новки оборудования в реакторном здании были рекомендованы насосы вертикального типа ЦВН-7. Эти насосы были затем изготовлены и установлены на Ленинградской атомной электростанции, а в последующем также и на первой очереди Курской и Чернобыльской АЭС.

Специализированным организациям были также выданы исходные требования на конструирование и изготовление еще целого ряда новых технологических систем, нестандартного оборудования, арматуры, электрооборудования, систем контроля и управления, в том числе следующих:

разгрузочно-загрузочной машины для замены отработавших топливных кассет;

барботеров для приема аварийных сбросов пара из барабанов-сепараторов;

газового контура, обеспечивающего продувку графитовой кладки реакторного пространства азотно-гелиевой смесью;

оборудования системы байпасной очистки воды первого контура реактора для поддержания необходимой ее чистоты, а также оборудования для расхолаживания реактора;

специальной запорной и регулирующей арматуры диаметром 750 мм для первого контура реактора;

быстродействующих редукционных и предохранительных паросбросных клапанов с пропускной способностью до 725 т пара в час;

клапанов, автоматически регулирующих подачу питательной воды в первый контур АЭС;

системы автоматического регулирования работы энергоблока АЭС в нормальных, переходных и аварийных режимах.

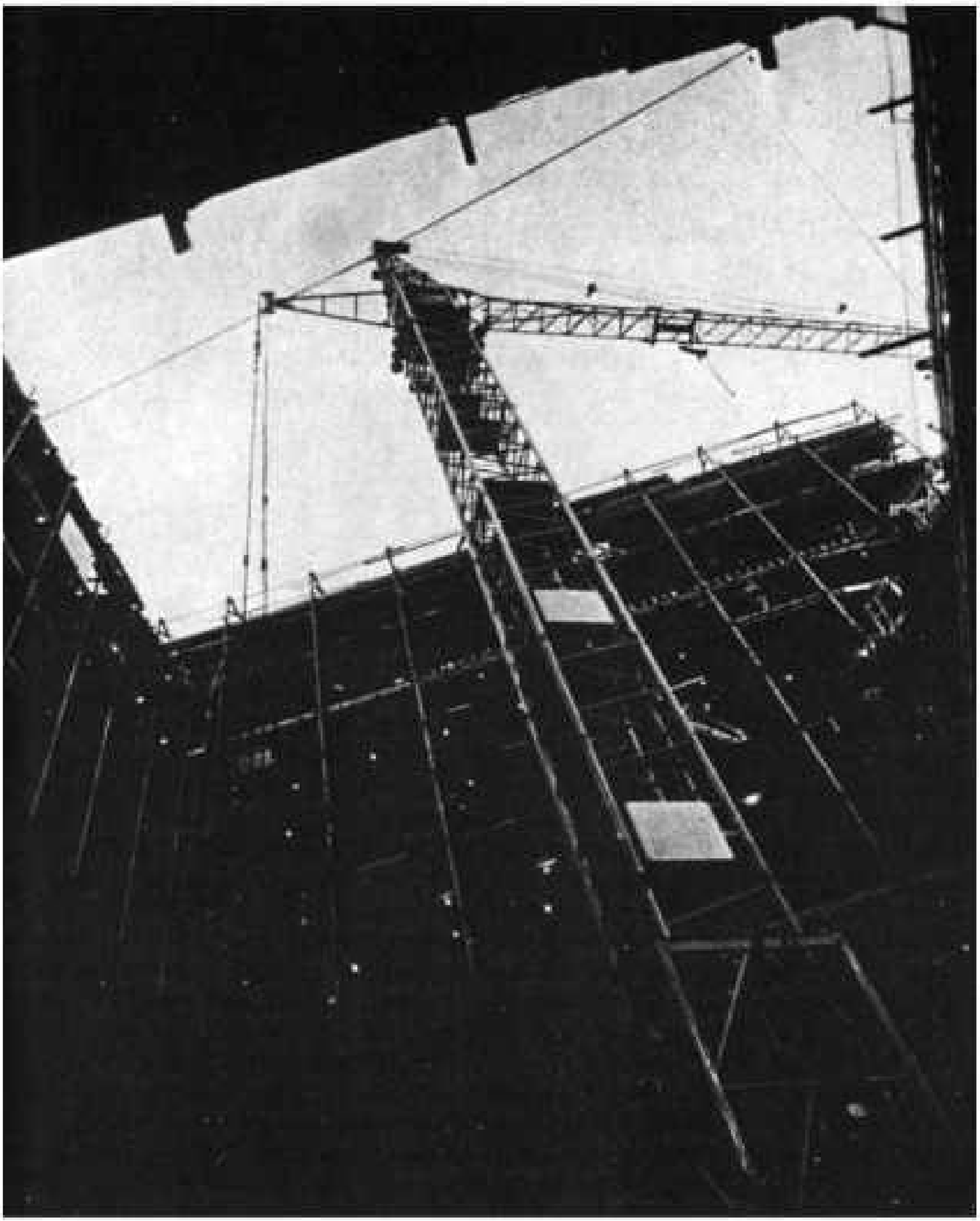
В ходе выполнения строительно-монтажных работ определялись и формулировались дополнительные требования научного руководителя и главного конструктора к дальнейшему повышению надежности и безопасности работы реакторной установки. Были разработаны и уточнены требования специализированных конструкторских организаций к условиям работы, энергетическому и контрольному обеспечению вновь разрабатываемого нестандартного оборудования. Более четко определились методы ведения основных строительно-монтажных работ, а также возможности поставщиков оборудования и материалов. Совместно с заказчиком и строительно-монтажными организациями постоянно изыскивались пути и разрабатывались ме-

роприятия по всемерному ускорению строительно-монтажных работ. Разрабатывались решения по обеспечению пуска и отладки реакторов и основных технологических систем.

Разработка проекта Ленинградской атомной электростанции во всех организациях находилась под постоянным контролем партийных, профсоюзных и комсомольских организаций. Ход проектирования неоднократно обсуждался на заседаниях парткомов, партийных собраниях и собраниях партийно-хозяйственных активов. Напряженные социалистические обязательства по проектированию Ленинградской атомной станции являлись главными в социалистическом соревновании всех проектных коллективов.

Родина высоко оценила труд создателей Ленинградской АЭС — ученых, инженеров, конструкторов и проектировщиков. Некоторым из них было присвоено высокое звание лауреатов Государственной премии и премии Совета Министров СССР, большая группа специалистов награждена орденами и медалями.

3 ВСЕСОЮЗНАЯ УДАРНАЯ



Формируется реакторное пространство

Очень хотелось бы, чтобы все, прочитавшие эти строки о труде строителей и монтажников, представили себе и сохранили в памяти тот могучий трудовой порыв, те успехи, а порой и трудности, которые сопутствовали им на всем протяжении строительства этого уникального сооружения.

Весть о начале строительства атомной электростанции и нового города энергетиков на легендарной ленинградской земле уже в конце 1966 г. облетела всю страну. Началось формирование функциональных и производственных служб управления строительством на основе ранее существовавшего строительно-монтажного управления, которое осуществляло строительство жилого поселка Сосновый Бор. Все силы были направлены на решение главной задачи — в короткие сроки построить и ввести в эксплуатацию головной энергоблок электрической мощностью 1 млн. кВт.

В ноябре 1966 г. принимается решение направить на стройку руководящих инженерно-технических работников, имеющих опыт в строительстве крупных энергетических объектов страны. Учитывая сроки строительства АЭС, Ленинградский обком КПСС принял решение об оказании действенной помощи стройке в бесперебойной поставке строительных конструкций, деталей, местных строительных материалов на протяжении всего периода строительства.

Коллективу строителей пришлось начинать работы в тяжелых условиях: заболоченность строительной площадки и насыщенность ее моренными валунами, повышенный уровень грунтовых вод.

В апреле 1967 г. были выданы чертежи котлована главного здания, а в мае начаты земляные работы. Для нормальной работы землеройной техники и автотранспорта при разработке котлована главного здания к июню 1967 г. были проложены посто-

а

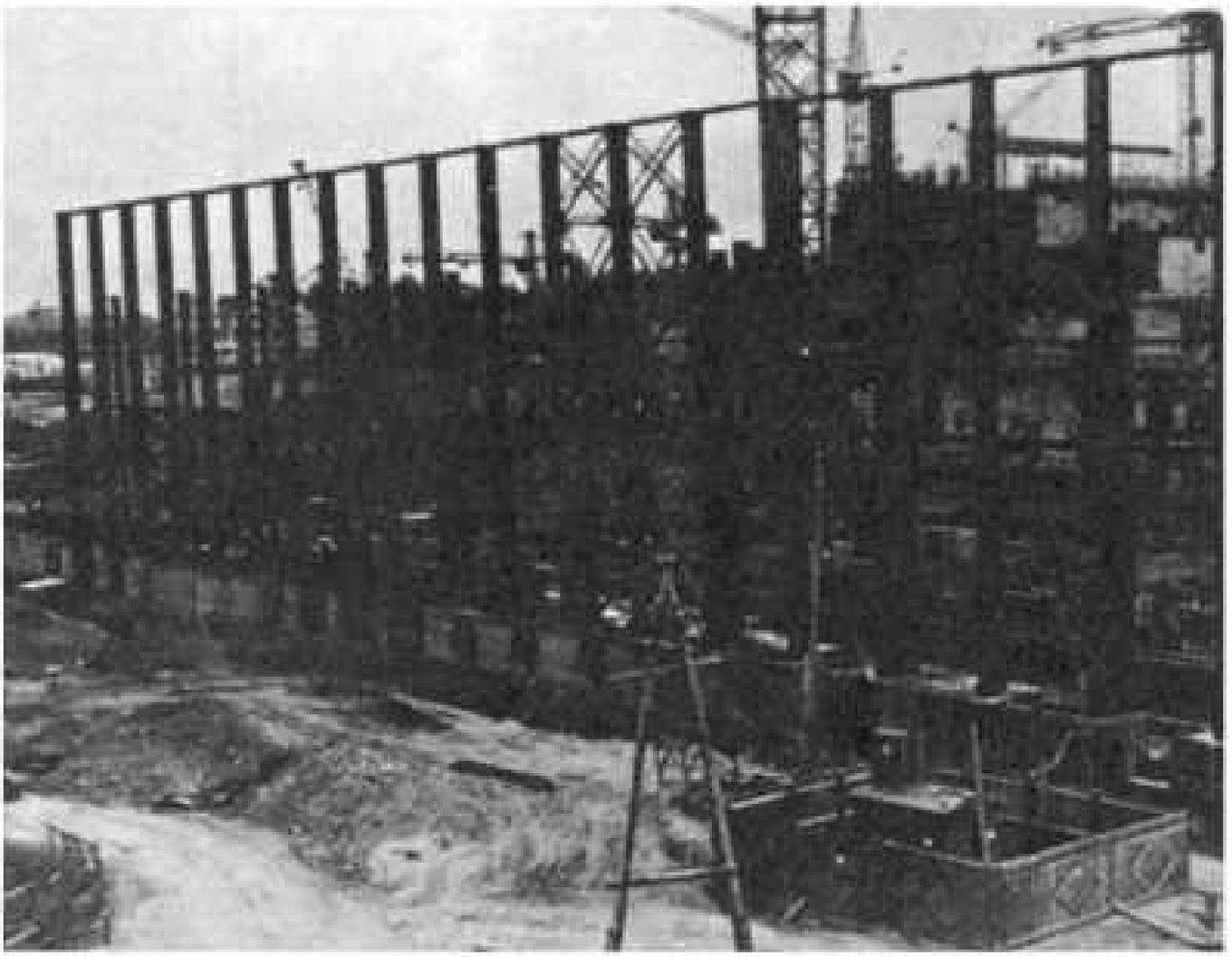
янные автодороги из сборных железобетонных плит с кольцевым движением автомобилей. Для предотвращения затопления котлована были смонтированы и задействованы мощные насосные станции.

12 сентября 1967 г. было начато бетонирование основания первого реакторного блока, а в конце сентября началась укладка гидроизоляции.

За вторую половину 1967 г. был выполнен большой объем работ по выемке грунта котлована главного здания — более 488 тыс. м^3. Уложено 40 тыс. м^2 асфальтовой гидроизоляции основания первого реакторного блока и турбинного зала. Раздроблено взрывами и вывезено моренных валунов около 12 тыс. м^3.

Благодаря творческому содружеству строителей и проектировщиков были найдены оптимальные, экономически обоснованные методы производства работ, разработана транспортная схема доставки материалов и конструкций, построены временные здания и сооружения на строительной площадке.

Строительство началось (а, б)



б

Строительство такого уникального комплекса, каким явилась Ленинградская АЭС, требовало создания современной строительной базы. Исходя из технико-экономического обоснования строительства Ленинградской АЭС (объем строительно-монтажных работ и потребность в материально-технических ресурсах, их распределение по годам строительства), из директивных сроков ввода в эксплуатацию энергоблоков станции в первой половине 1967 г. была начата разработка технического проекта развития базы стройиндустрии.

За 3 года (1968—1970 гг.) были построены и введены в действие новый бетонный завод на 120 тыс. $м^3$ товарного раствора в год, цех по выпуску железобетонных конструкций мощностью 30 тыс. $м^3$ изделий в год, полигон железобетонных изделий производительностью 10 тыс. $м^3$ в год, арматурный цех мощностью 6 тыс. т товарной арматуры, цех гипсобетонных перегородок мощностью 20 тыс. $м^2$, деревообрабатывающий цех. Втрое была расширена база автомобильного транспорта, построена новая база строительной механизации, база энергоснабжения,

ремонтно-механический завод. Были вновь построены и задействованы производственные базы субподрядных организаций, база отделочных работ. Значительной реконструкции подвергалась база материально-технического снабжения стройки, превратившаяся к концу 1970 г. в управление производственно-технической комплектации.

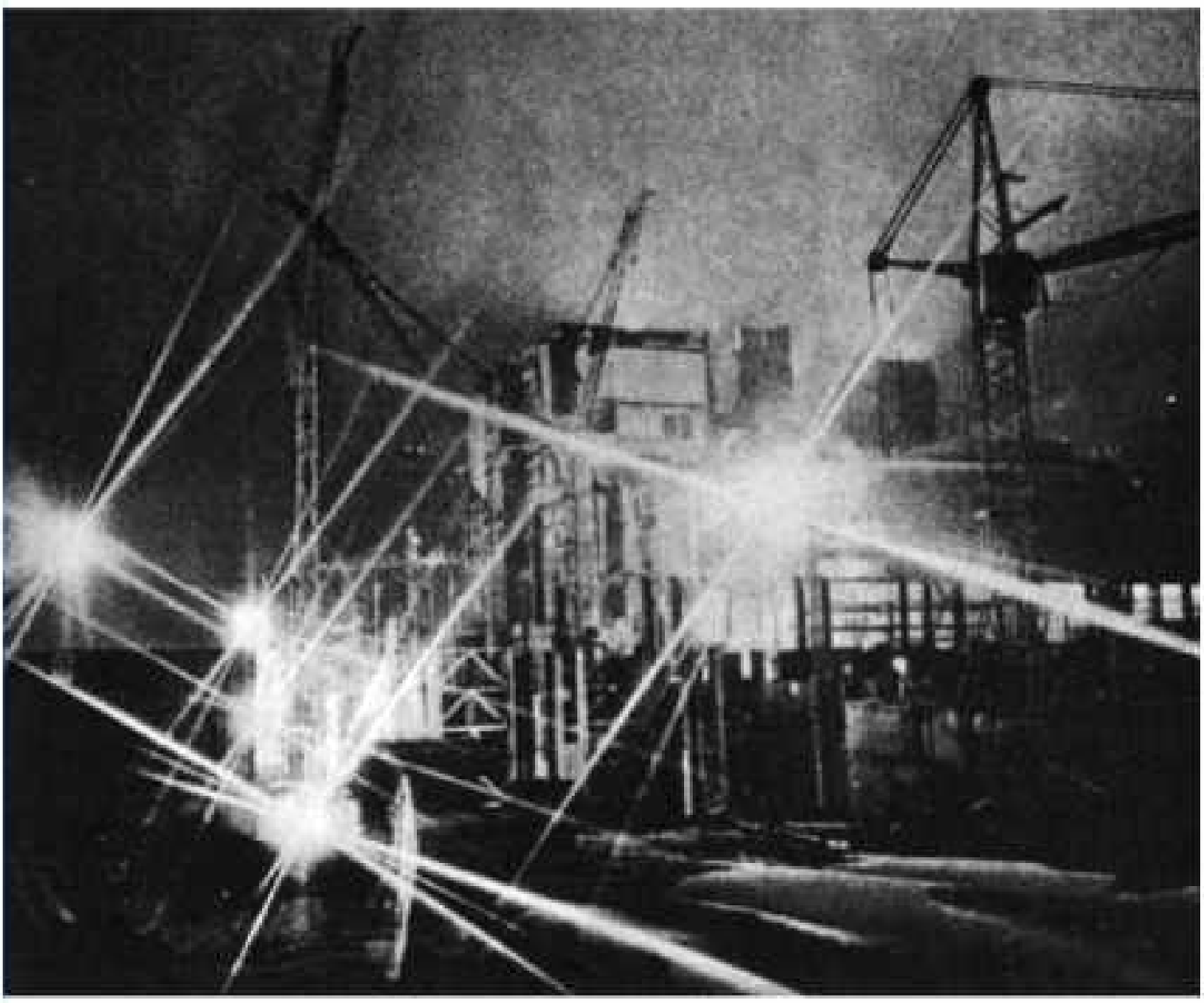
12 декабря 1967 г. был уложен первый кубометр бетона в реакторный блок. Строителям предстояло выполнить огромный объем строительно-монтажных работ на комплексе станции. Строительный объем всех зданий и сооружений комплекса первой очереди электростанции составлял 1,5 млн. м^3, в том числе главного здания станции — 1,2 млн. м^3. В процессе строительства необходимо было переработать более 1 млн. м^3 грунта, уложить в конструкции свыше 237 тыс. м^3 монолитного бетона, смонтировать 137 тыс. м^3 сборных железобетонных конструкций, 25 тыс. т металлоконструкций и закладных деталей.

На строительной площадке еженедельно проводились оперативные совещания. В работе этих, как принято говорить, «оперативок» принимали участие начальник и главный инженер управления строительством и их заместители. Это придавало

Успех строительства — в его материально-техническом обеспечении. Участок подготовки производства 56

высокий авторитет совещаниям и налагало большую ответственность на исполнителей за реализацию принимаемых решений.

С середины 1968 г. на строительстве Ленинградской АЭС начинает внедряться система управления ходом работ на основе сетевого планирования. Аппаратом главного инженера строительства совместно с ВНИПИЭТ разрабатывается укрупненный сетевой график сооружения комплекса объектов станций. В управлении строительством была создана группа сетевого планирования. Детальная проработка сетевых моделей позволила определить оптимальную последовательность работ по возведению блоков электростанции и вспомогательных объектов. В строительно-монтажном управлении также создается координационная группа, в которую вошли ответственные исполнители всех заинтересованных организаций, включая заказчика



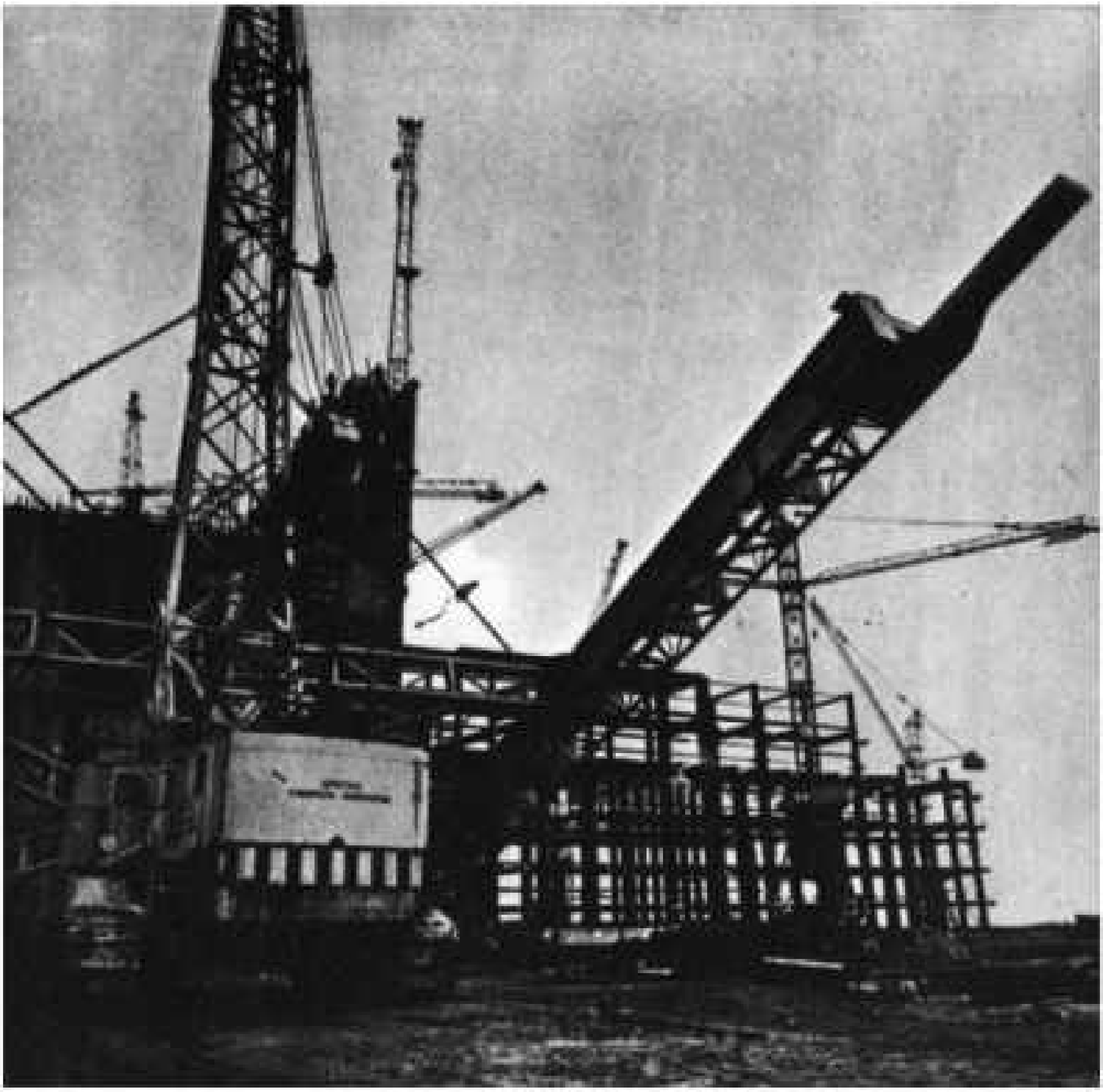
Горят ночные огни, не умолкает гул стройки

Строительные конструкции готовятся под бетонирование →

и проектировщиков. Все это оказало влияние на принципы планирования годовых, квартальных и месячных объемов строительно-монтажных работ. Внедряется система сетевого планирования, аналогичная система управления, принятой в «Сибакадемстрое»,— системе «Аккорд» (атоматизация контроля координации оптимальных режимов деятельности на производстве).

В первом полугодии 1969 г. были разработаны локальные сетевые графики на строительство всех блоков главного здания электростанции, гидротехнических сооружений, вспомогательных объектов, наружных инженерных сетей и энергетических объектов (ОРУ-330/110 кВ, кабельные и воздушные ЛЭП), на

Идет большой бетон



монтаж узлов оборудования реакторов, турбинного зала и на электромонтажные работы. Были также разработаны и локальные сетевые графики завершения проектирования.

В отделе главного технолога была создана центральная группа обработки информации для «сшивки» локальных графиков всех подразделений — участников возведения Ленинградской АЭС.

В третьем квартале 1969 г. все сетевые графики были откорректированы и объединены в единый комплексный сетевой график строительства в соответствии со сроками поставки оборудования. Со второй половины 1969 г. графики по системе «Аккорд» были положены в основу проводимых руководством

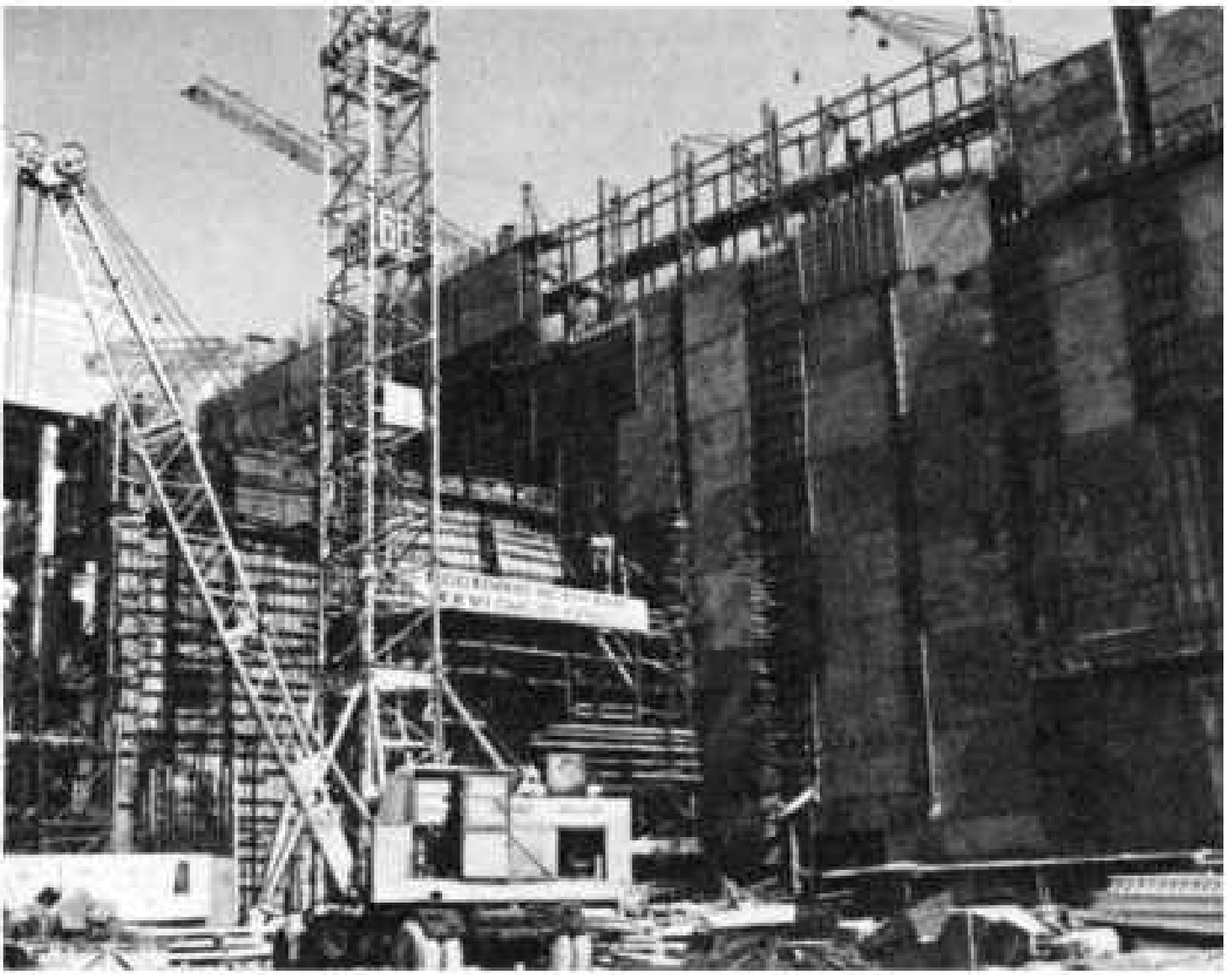
Монтируются корпуса электростанции

оперативных совещаний по контролю за ходом работ на строительстве. Это сыграло положительную роль в руководстве строительством и дало возможность правильно планировать поставку оборудования для станции.

При возведении блоков электростанции была значительно сокращена трудоемкость строительных работ за счет повышения сборности конструкций. Впервые в отечественной практике были изготовлены и смонтированы сборные железобетонные фундаменты под турбогенераторы мощностью 500 МВт. Для фундаментной плиты турбинного зала были предложены взамен монолитных усиленные сборные железобетонные плиты.

Предстояло выполнить большой объем работ по гидроизоляции подземных частей главного здания и подсобных сооружений электростанции. Для этого был образован специальный участок изоляционных и кровельных работ, спроектирован и построен цех по централизованному изготовлению резинобитум-

Монтируются перекрытия турбинного зала



ных и латексных мастик, освоено и налажено изготовление механизмов для нанесения гидроизоляции на бетонные и металлические поверхности и подачи битумных мастик на кровли зданий. Агрегаты для гидроизоляционных и кровельных работ (АГКР-4 и АГКР-5) и введенный в действие цех по централизованному приготовлению мастик стали базой для специализации кровельных и гидроизоляционных работ.

Возведение исключительно сложного в техническом отношении и насыщенного уникальнейшим оборудованием сооружения, каким является атомная электростанция, требовало особого внимания к координированию работы всех субподрядных организаций, призванных монтировать общетехнические и специальные технологические системы, включающие в себя тяжеловесное, крупногабаритное оборудование, мощнейшие насосные и вентиляционные установки, электросиловое оборудование и кабельно-проводниковое хозяйство.

Руководители сооружения этого уникального энергетического комплекса не стали привлекать различные специализированные монтажные организации, а избрали путь максимальной централизации монтажных работ, передав их в ведение мощных, маневренных строительно-монтажных управлений. Монтаж металлоконструкций и подъемно-транспортного оборудования, а также сантехнических систем был сосредоточен в одной организации.

О вкладе механомонтажников в сооружение станции следует сказать особо.

У истоков организации монтажных и сварочных работ на Ленинградской АЭС находились опытные руководители монтажного производства. Они правильно оценили сложность задачи и с самого начала взяли курс на создание сильного, технически хорошо оснащенного и боевого коллектива, который бы не просто выполнял функции субподрядчика, но и смог бы оказать активное влияние на общий ход сооружения станции. По их личному убеждению, монтажник на любом промышленном и энергетическом объекте — фигура, ответственная за успех всего дела — от проекта до выпуска готовой продукции, так как темпы работ, сроки сдачи оборудования в эксплуатацию, долговечность и надежность его дальнейшей работы зависят прежде всего от качества выполнения монтажных и сварочных работ.

Это тем более справедливо по отношению к крупным атомным электростанциям с реакторами РБМК, для которых не только трубопроводы, но и значительная часть узлов реактора и другого оборудования поступают на строительную площадку в виде отдельных элементов и деталей. Монтажная организация выполняет на площадке большие работы по укрупнительной сборке оборудования.

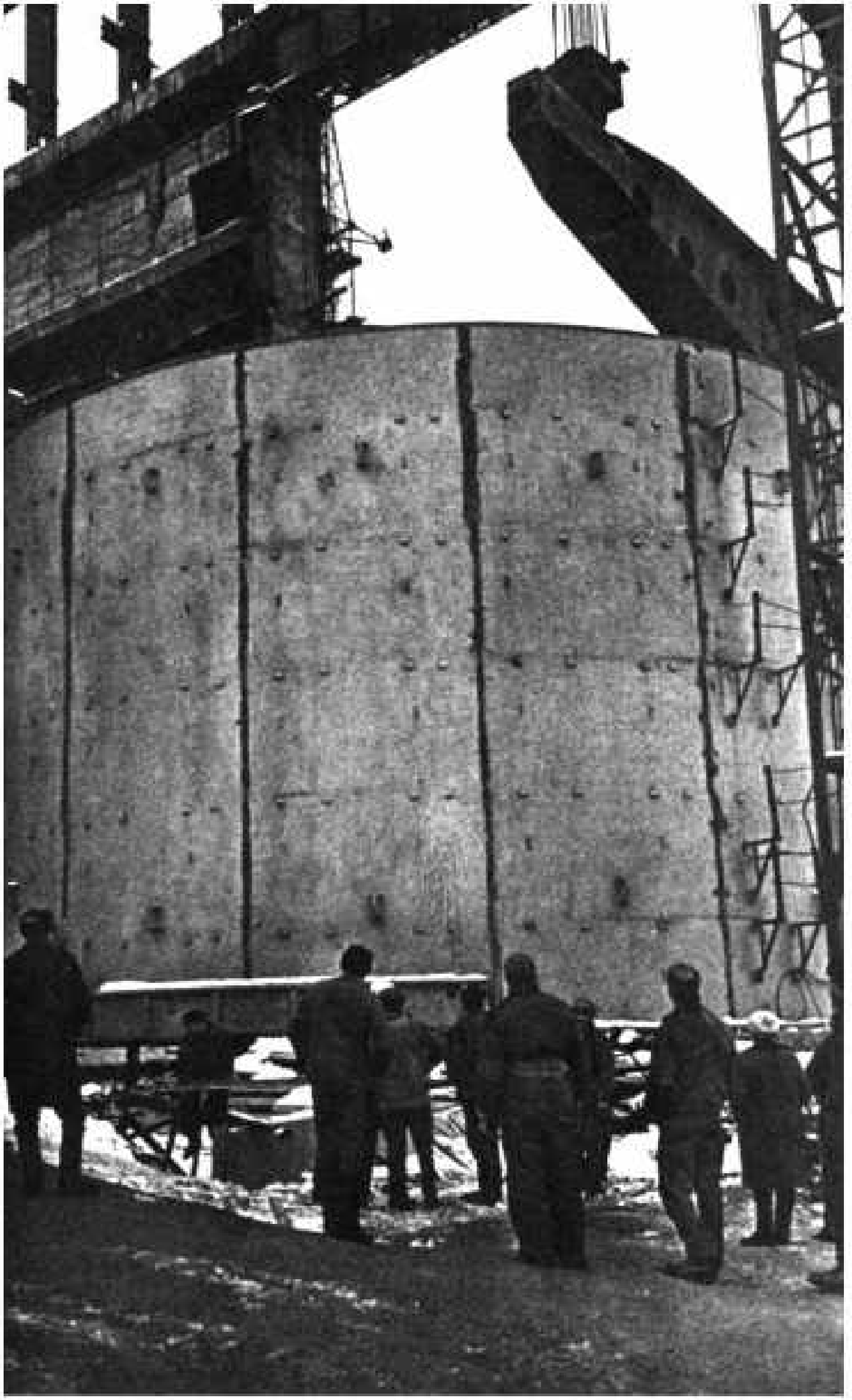
Особенностью первого блока Ленинградской атомной было то, что все его основное оборудование разработано и изготовлено впервые и, естественно, опыта по его монтажу не существовало. Впечатлял и объем работ на блоке: суммарный вес оборудования, трубопроводов и металлоконструкций исчислялся десятками тысяч тонн, количество сварных стыков в трубопроводах и системах реактора превышало сто тысяч, из них более половины — в трубопроводах из нержавеющих сталей. Основной объем сварки подлежал 100 %-ному контролю неразрушающими методами (гамма-дефектоскопия, ультразвук, цветная дефекто-

скопия, гелиевые испытания). Вес только наплавляемого при сварке металла достигал 700 т на блок, а потребность в сварщиках превышала 250 человек. При сборке оборудования и систем требовались повышенная точность и чистота.

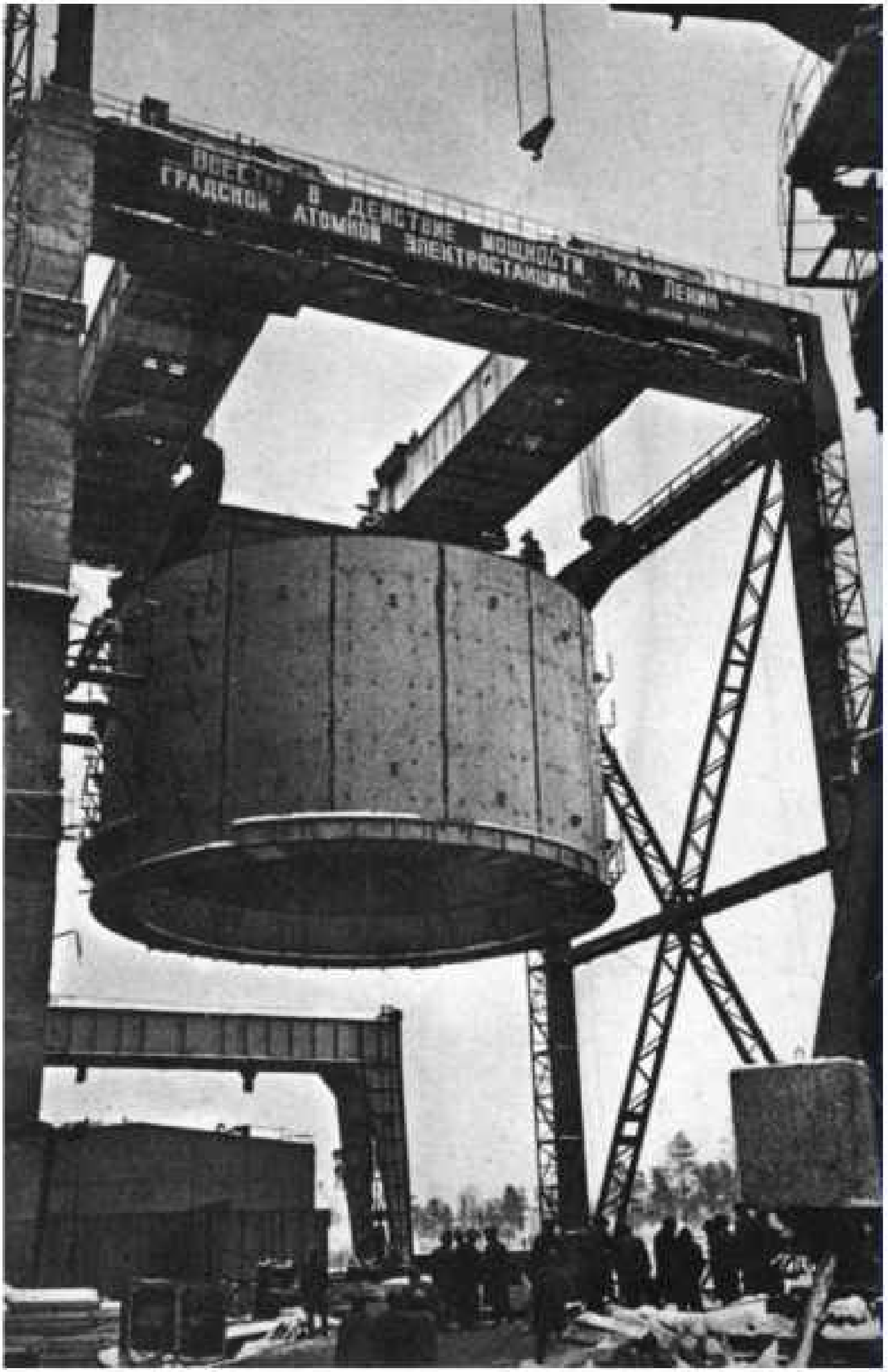
Такую многогранную и ответственную работу мог выполнить только высококвалифицированный коллектив монтажников, обладающий высоким инженерным потенциалом для решения сложных задач подготовки, организации и производства работ.

Весной 1971 г. началась сборка металлоконструкций реактора. Монтажники осваивали технологию постепенно, шаг за шагом, на ходу отрабатывая приемы работ. Почти 2,5 года продолжалась сборка и монтаж первого реактора. Завершение работ и успешный пуск блока в конце 1973 г. доставили всем участникам его сооружения, и особенно монтажникам, много по-настоящему счастливых минут. За эти 2,5 года проработана масса разнообразных вопросов и решено множество задач. Среди них отработка технологии монтажа, уточнение сроков работ, обеспечение материалами и оборудованием, соблюдение

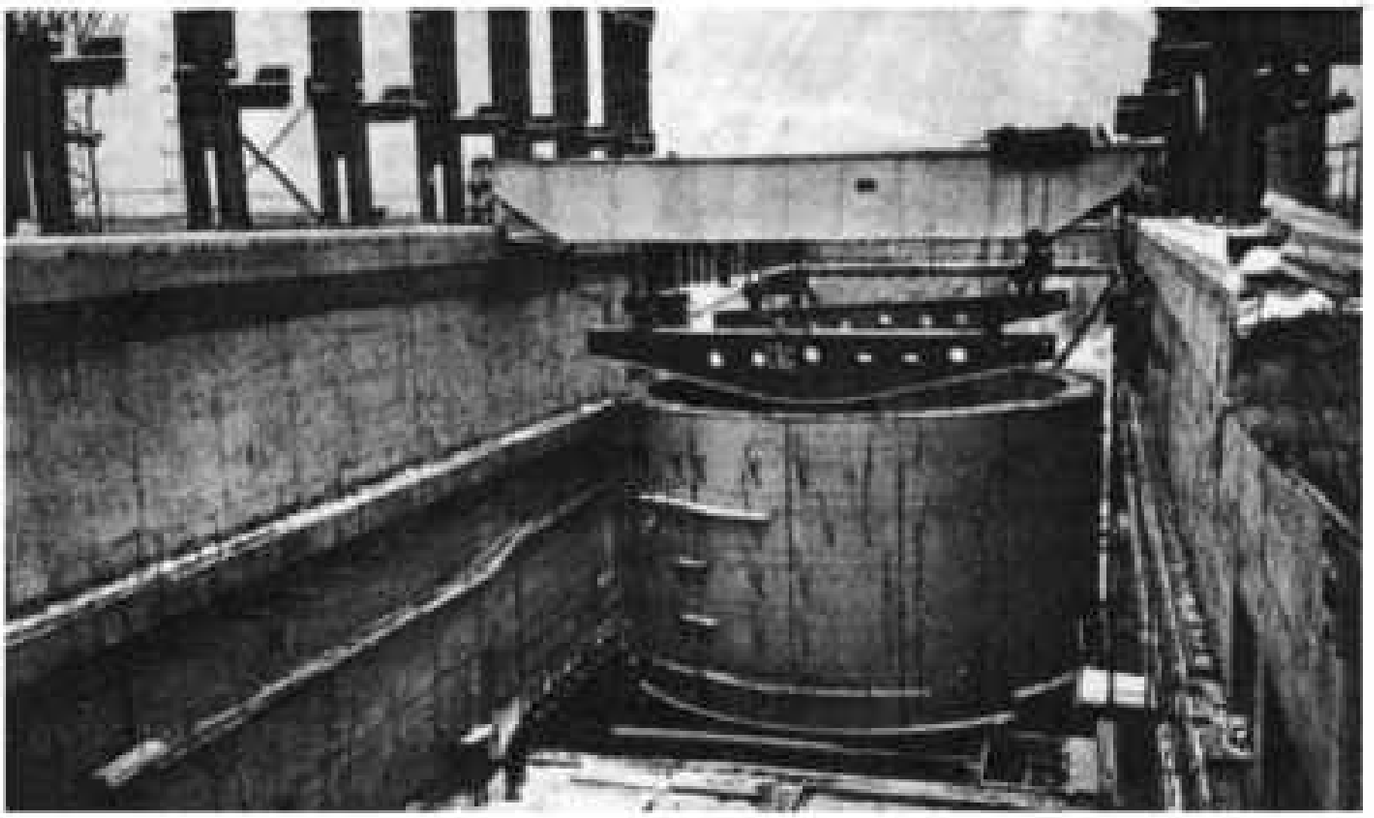
Строительство находится под постоянным контролем партийной организации



Идет монтаж биологической защиты реактора (а, б, в, г) а


ПОВЕСТИ В ДЕЙСТВИЕ МОЩНОСТИ
ГРАДСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
ИМ. В.И. ЛЕНИНА

б



6

техники безопасности, организация социалистического соревнования, воспитание людей и многие другие задачи, от решения которых зависел конечный результат дела.

Благодаря приобретенному опыту время монтажа второго энергоблока удалось сократить более чем на 8 месяцев.

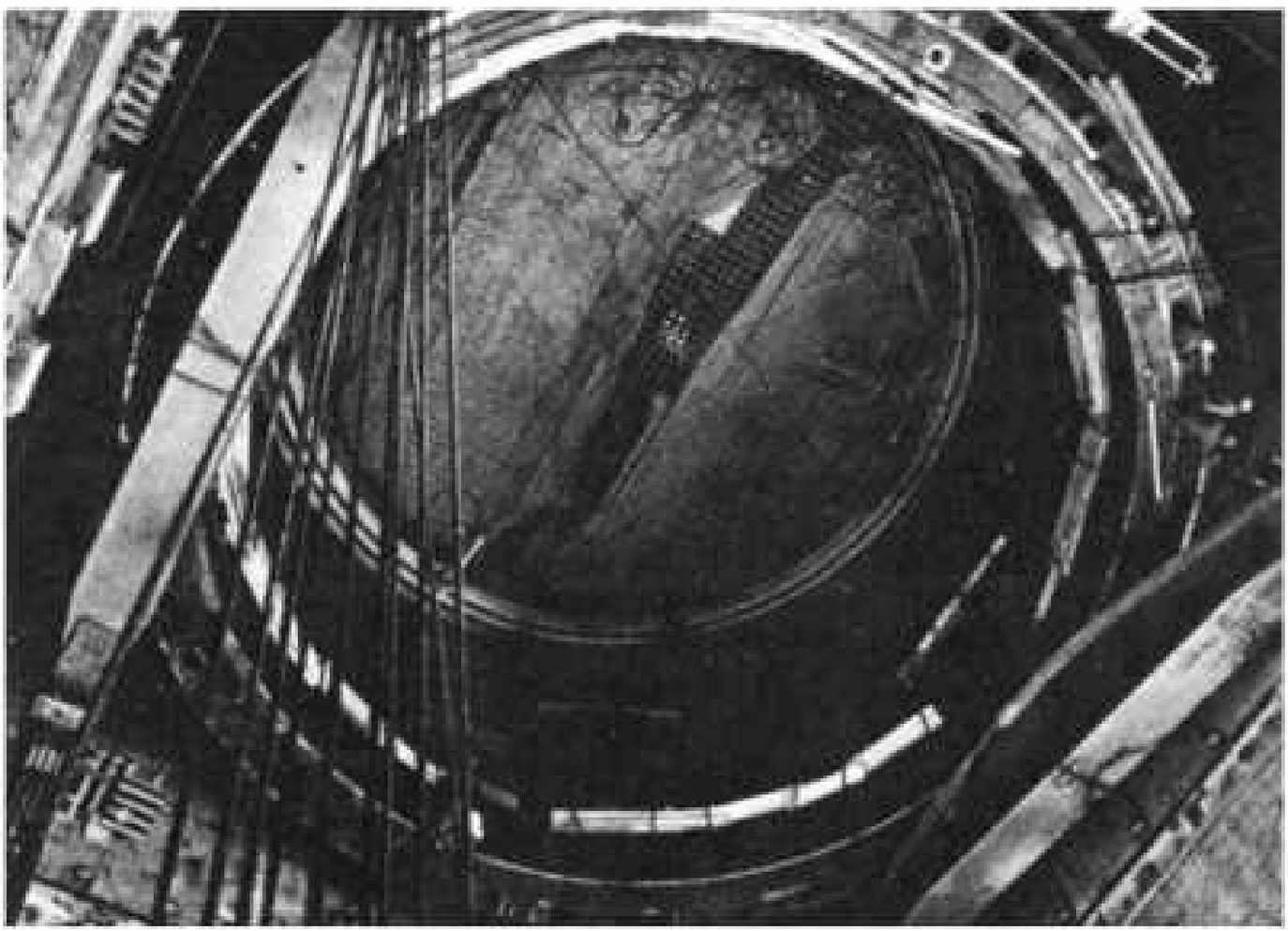
При строительстве Ленинградской АЭС серьезное внимание было уделено работам по антикоррозионной защите строительных технологических металлоконструкций. Защищались они в основном покрытием из пентафталевых эмалей. Защита технологических металлоконструкций, внутренних поверхностей помещений, а также тепловая изоляция всех трубопроводов и вентиляционных систем выполнялась централизованно, силами специализированной организации — Научно-исследовательского и конструкторского института монтажной технологии (НИКИМТ). В институте был создан специализированный трест по производству химических покрытий металлоконструкций атомных реакторов, водоводов большого диаметра, бетонных поверхностей помещений на основе эпоксидных смол и эмалей, полиэфирных покрытий и других, а также по выполнению теплоизоляционных работ и покрытия теплоизоляции кожухом из алюминия и стеклопластиков.

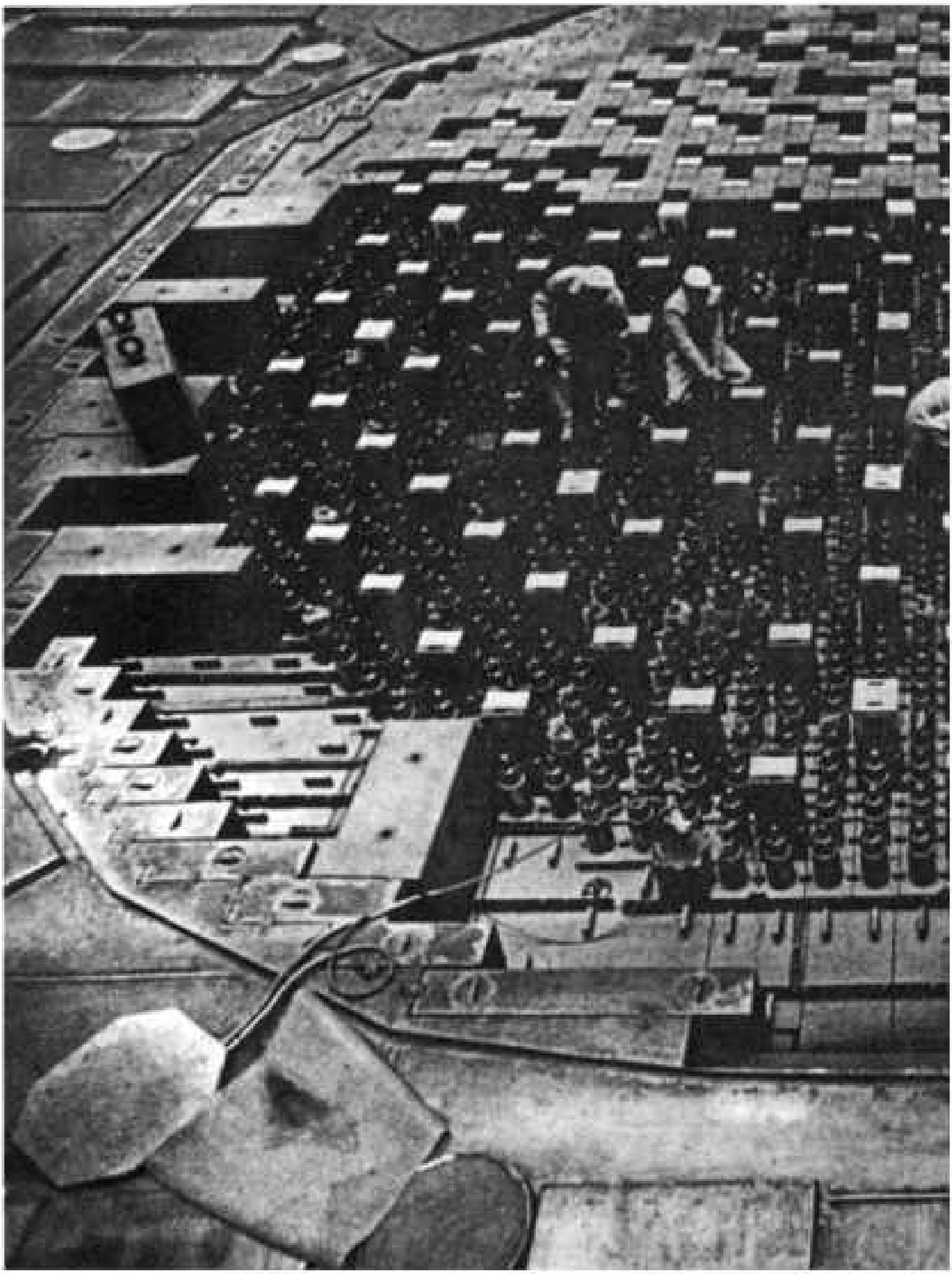
Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР уделяли большое внимание строительству Ленинградской атом-

ной станции. Оно находилось под постоянным контролем Ленинградского обкома КПСС. Все это налагало исключительную ответственность на строителей. И большой коллектив рабочих, инженерно-технических работников — участников создания Ленинградской атомной, понимая, какое важное народнохозяйственное значение имеет станция, принял повышенные социалистические обязательства, основным содержанием которых явилось досрочное завершение всех строительно-монтажных и пусконаладочных работ на каждом из четырех блоков и досрочный вывод станции на проектную мощность.

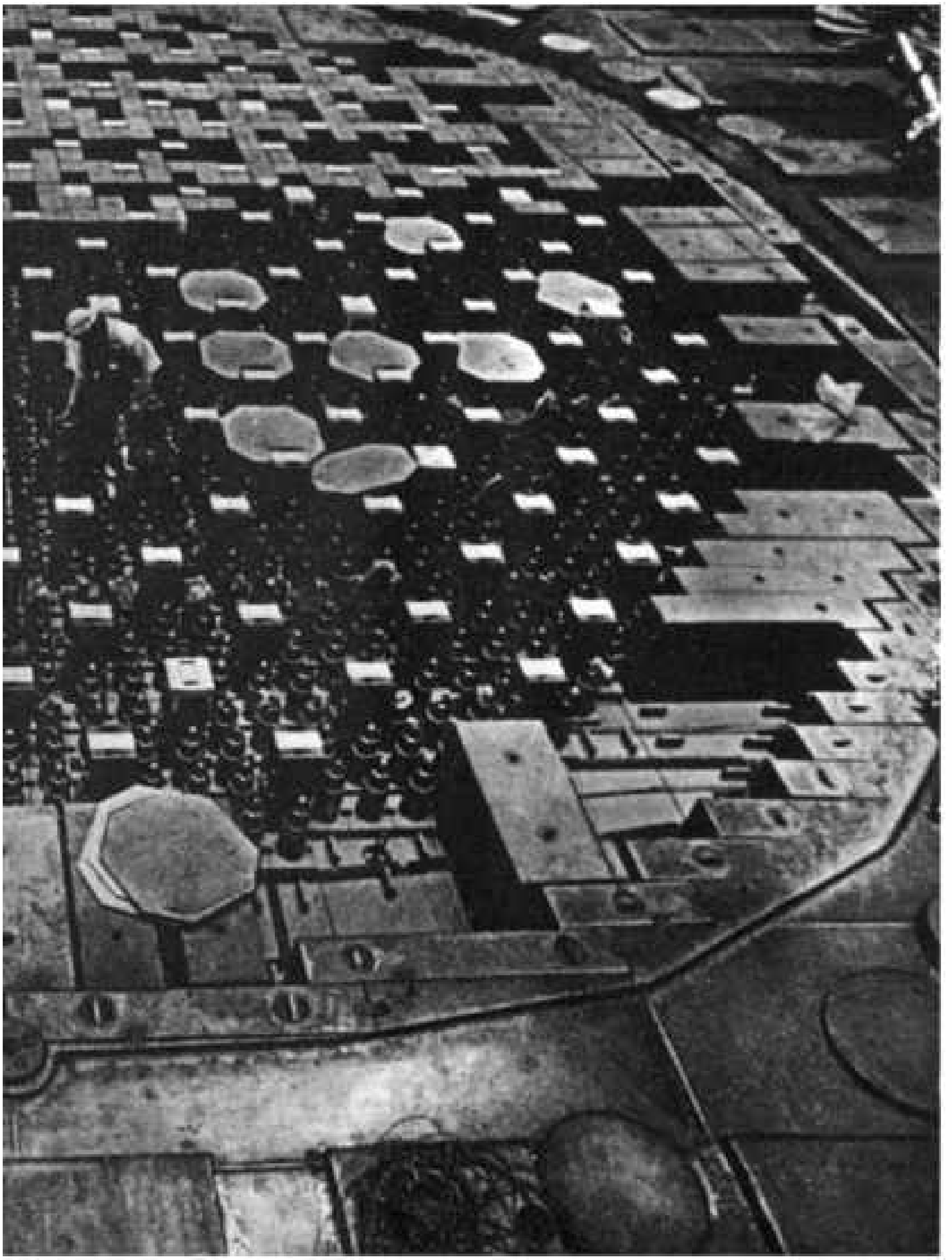
Можно с уверенностью заявить: достигнутые успехи стали возможны благодаря постоянной заботе партии и правительства о развитии энергетики, благодаря высокой организованности и дисциплине, самоотверженному труду, творческой инициативе, гражданской ответственности и духовному подъему каждого участника сооружения станции. Важную роль сыграла целеустремленная, мобилизующая организаторская и политическая работа партийных, профсоюзных и комсомольских организаций, всех звеньев администрации, направленная на широкое

г





Монтаж реактора подходит к концу



развертывание социалистического соревнования по сокращению сроков производства работ, обеспечению их высокого качества под девизом ленинградцев: «От высокого качества работы каждого — к высокой эффективности труда коллектива!»

Росла и усиливала свое влияние партийная организация стройки. В январе 1975 г. решением ЦК КПСС партийному комитету стройки предоставляются права районного комитета партии. Прошедшие годы девятой и десятой пятилеток были характерны для партийной организации целенаправленной работой по повышению авангардной роли коммунистов, усилению ответственности кадров за порученное дело, по практическому решению задач роста производительности труда, укреплению организованности и дисциплины, улучшению идеологической

Награждаются лучшие

и политико-воспитательной работы среди коллектива. При строительстве объектов первой очереди Ленинградской АЭС контролю за ходом работ придавалось первостепенное значение. Еженедельное проведение оперативных совещаний по каждому строящемуся блоку станции, подведение итогов в конце месяца на основе данных сетевого планирования и рабочих графиков являлись далеко не исчерпывающими формами контроля реализации принимавшихся решений.

Созданный в 1972 г. Ломоносовским горкомом КПСС оперативный штаб возглавил работу по мобилизации всех коллективов, участвующих в строительстве станции. По инициативе Ленинградского обкома КПСС и при участии штаба Ломоносовского горкома КПСС парткомом стройки и Ленинградской АЭС на строительной площадке было проведено несколько совещаний представителей дирекций и партийных организаций заводов — поставщиков оборудования — и организаций различных министерств. На этих совещаниях принимались совместные социалистические обязательства по досрочной поставке оборудования, выдаче рабочих чертежей и др. Все это оказывало решающее влияние на ход работ. Эффективной формой партийной работы являлось регулярное проведение совместно с заказчиками и проектировщиками собраний партийно-хозяй-

ственных активов и объединенных заседаний парткомов, кустовых партийных собраний, профсоюзных конференций, совещаний бригадиров, конкурсов мастерства рабочих.

В феврале 1972 г. по решению ЦК ВЛКСМ строительству Ленинградской атомной электростанции присваивается статус Всесоюзной ударной комсомольской стройки. Объединенным комитетом ВЛКСМ, штабом стройки была проведена значительная работа по мобилизации комсомольцев, всей молодежи стройки на решение важнейших государственных задач по строительству станции. Штаб стройки в 1973 и 1974 гг. награждался вымпелами ЦК ВЛКСМ.

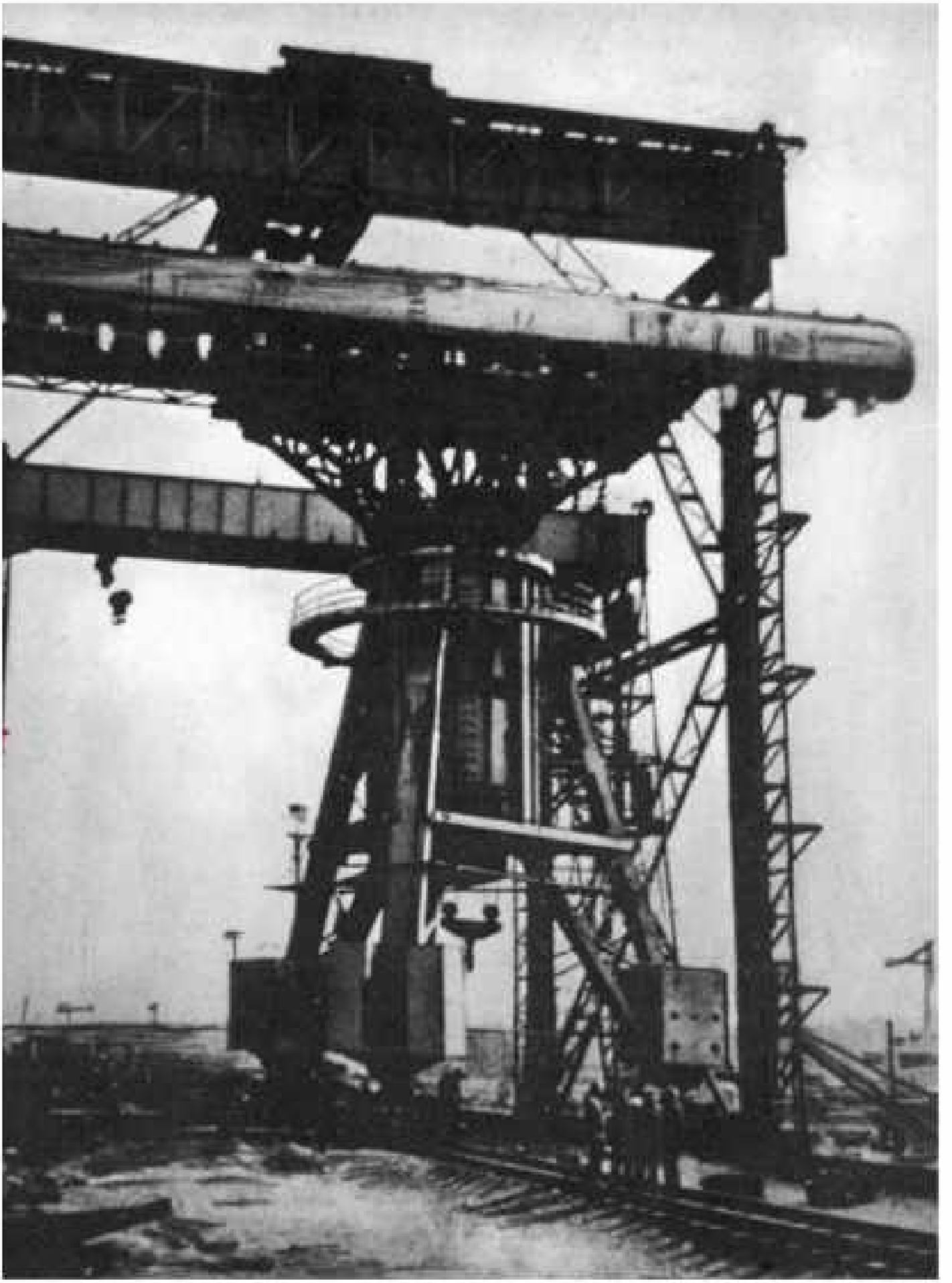
Благодаря принимавшимся мерам по мобилизации коллектива строительство Ленинградской АЭС неуклонно приближалось к моменту пуска первого, ГОЛОВНОГО, энергоблока мощностью один миллион киловатт. Этого дня ждали все создатели уникального сооружения. Он наступил 21 декабря 1973 г., когда после завершения всех пусконаладочных работ первый блок был поставлен под промышленную нагрузку. Все создатели Ленинградской АЭС гордятся этим успехом.

Строится вторая очередь Ленинградской АЭС

В конце 1974 г. по инициативе Ленинградского обкома КПСС Совет Министров СССР принял решение о строительстве в десятой пятилетке второй очереди АЭС — мощностью 2 млн. кВт. Это решение нашло живой отклик во всех коллективах создателей станции, которые устремили все свои силы на завершение строительства первой очереди, чтобы как можно скорее приступить к возведению второй. Имевшееся в 1973 г. некоторое отставание в строительной готовности второго блока первой очереди АЭС к середине 1974 г. было ликвидировано, и со второй половины года строители и монтажники уже вышли на финишную прямую при совмещенном производстве работ на втором блоке. Это позволило 11 июля 1975 г. произвести энергопуск второго блока.

Работы по сооружению второй очереди начались 10 мая 1975 г. Вторая очередь Ленинградской АЭС не явилась простой копией первой. Кроме того, на ее строительство отводилось в 2 раза меньше календарного времени, чем на возведение комплекса первой очереди. При проектировании необходимо было учесть новые научные достижения, повысить индустриальность

Шахта реактора третьего энергоблока сдана под монтаж



Установка барабана-сепаратора

и сборность строительных конструкций. В результате несколько изменились компоновка блоков, а также состав вспомогательных систем и сооружений.

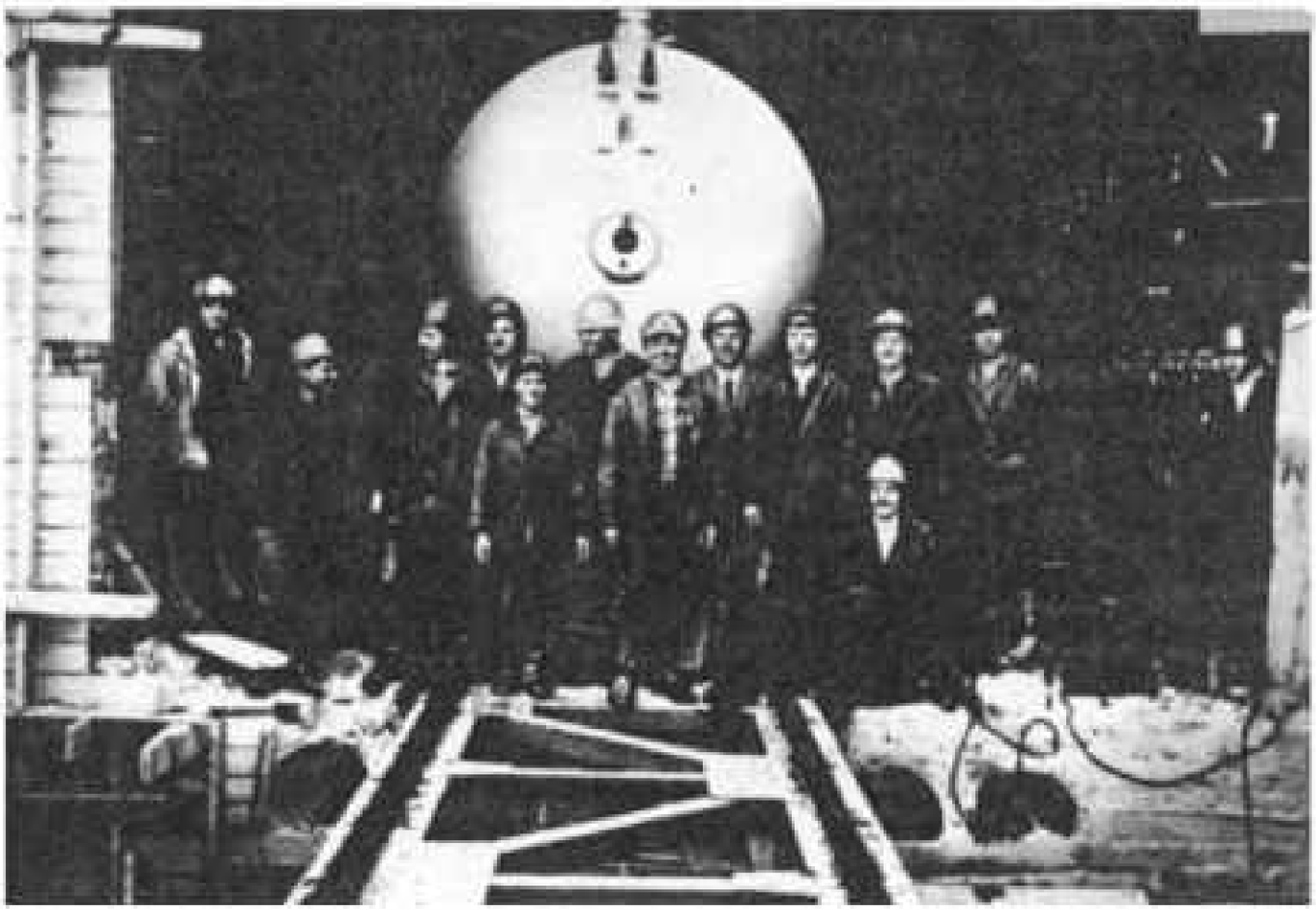
За плечами строителей и монтажников был опыт возведения комплекса объектов первой очереди, и, естественно, не использовать его коллектив не мог. Пересмотру подверглись буквально все стороны деятельности строительных, монтажных трестов и строительно-монтажных управлений субподрядчиков за все время строительства первой очереди. Управление строительством, проектные институты, а также проектно-конструкторские организации заводов — поставщиков оборудования — провели большую работу по анализу опыта, накопленного при сооружении и эксплуатации первой очереди станции.

В 1975 г. механомонтажники приступили к тщательной подготовке нового этапа работ. Были проанализированы ошибки и недостатки, имевшиеся при монтаже первых двух блоков, организовано подробное ознакомление с опытом работы монтажных организаций на других атомных станциях Союза, в частности на Чернобыльской и Курской АЭС.

Разработанными и утвержденными мероприятиями по повышению эффективности и качества монтажных работ на второй очереди Ленинградской АЭС предусматривалось использование дополнительных резервов. Повышалось качество изготовления трубопроводов, что существенно уменьшало объем работ по сварке труб. За счет реконструкции кранов, изменения проектов шатров-тепляков появилась возможность еще при сборке реактора на площадке дополнительно монтировать в блоки ряд деталей, которые раньше подавались в шахту «россыпью» и отнимали много ценного машинного времени кранов. Предусматривалось массовое предварительное укрупнение трубопроводов и оборудования, широкое использование метода бригадного подряда, специализация участков по видам работ.

Первые монтажные работы на третьем блоке были начаты 1 февраля 1977 г., а монтаж каркаса здания закончен в 2 раза быстрее, чем на первой очереди. При этом была достигнута скорость монтажа до 1560 т металлоконструкций в месяц или, в пересчете на одного рабочего, до 1 т в смену, что явилось рекордным показателем.

Отличные результаты были достигнуты на монтаже ряда основных систем реактора. Так, установка технологических



каналов и трактов наращивания, соединяющих каналы с трубами пароводяных коммуникаций, была выполнена за 78 суток против 118 на втором и 169 на первом блоке.

Большой эффект дало заимствованное из опыта чернобыльцев применение специальной траверсы для транспортировки и одновременного монтажа трактов и труб пароводяных коммуникаций пакетами до 22 шт. каждый. Это сняло проблему дефицита машинного времени крана центрального зала, так как время установки пакета сократилось в 3 раза, и ускорило монтажные работы на реакторе.

В турбинном цехе бригада Героя Социалистического Труда А. И. Козловского на монтаже турбогенераторов № 5 и 6 применила ряд новшеств, направленных на сокращение сроков работ; сооружение строительных фундаментов велось параллельно с установкой конденсаторов, облицовка маслоканалов систем смазки и регулирования собиралась из готовых, заранее собранных и испытанных на базе предмонтажной подготовки элементов и т. д. Это позволило сократить цикл монтажа турбин в 1,8 раза при снижении трудозатрат в среднем на 15 % по сравнению с монтажом предыдущих турбин.

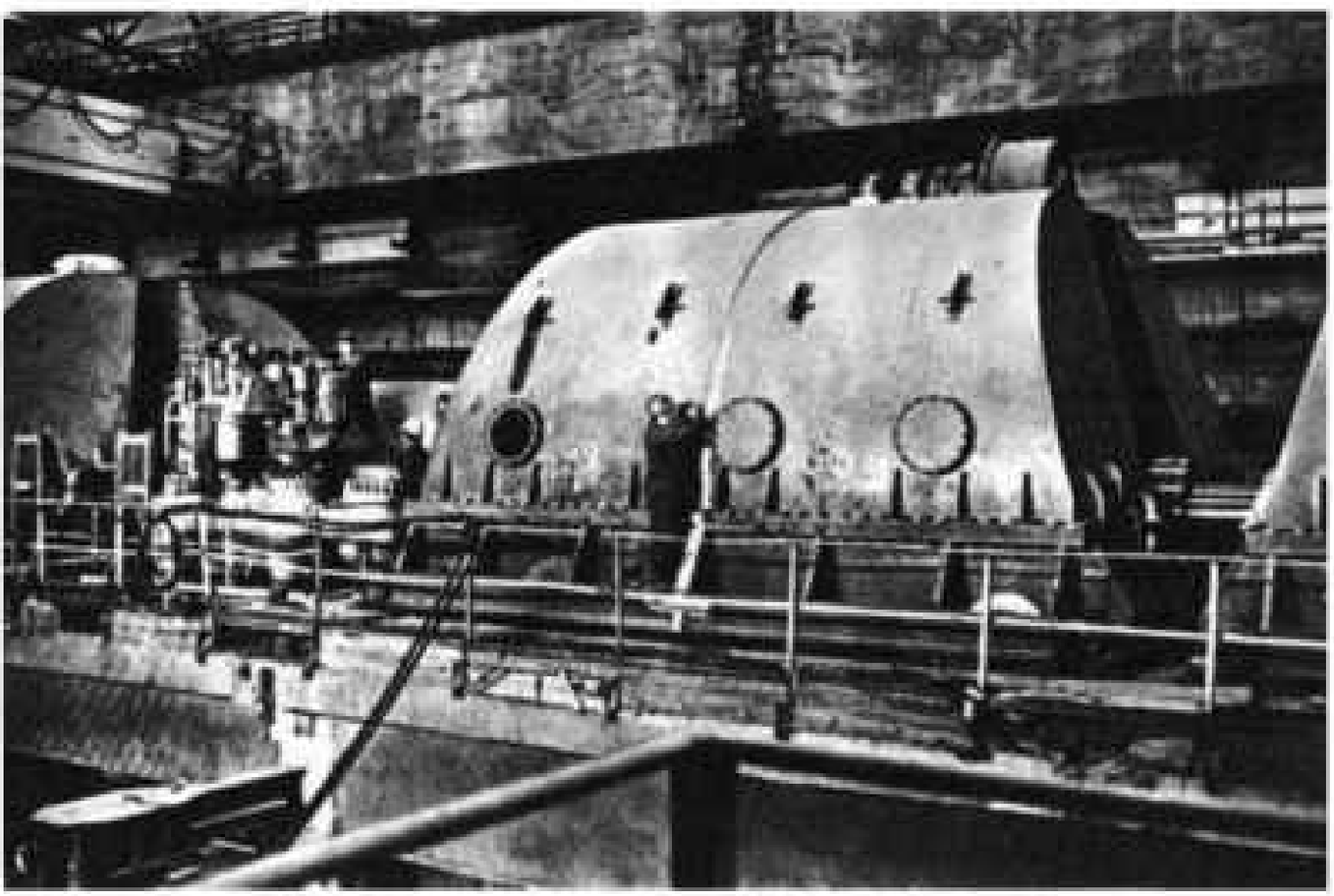
Бригада Героя Социалистического Труда, кавалера трех орденов Ленина Г. Н. Марьясова после установки барабана-сепаратора

Крупного успеха удалось достичь на монтаже трубопроводов деаэраторной этажерки третьего блока: за один год смонтировано около полутора тысяч тонн трубопроводов «острого» пара, питательной воды высокого давления и других систем, на что раньше требовалось вдвое больше людей и в полтора раза больше времени.

Трудный для монтажа узел конденсатоочистки был смонтирован за 90 суток, испытан и сдан под загрузку фильтров конденсатоочистки ионообменными смолами.

Хороших успехов добились сварщики. На определяющих узлах было одновременно задействовано до 50 единиц сварочных автоматов и полуавтоматов конструкции НИКИМТ и Института электросварки имени Е. О. Патона. На сборке технологических металлоконструкций реактора все сварочные швы выполнены автоматизированными видами сварки, что дало не только значительный выигрыш в трудозатратах (на 30 % снизилась численность занятых на блоке сварщиков), но и сняло проблему обеспечения условий труда в глухих, невентилируемых отсеках конструкций.

Наступал 1979 год — год ввода в эксплуатацию первого энергоблока второй очереди, год максимального напряжения,



Монтируются турбоагрегаты

трудового порыва и энтузиазма. Партийный комитет стройки, руководство управления строительством, партийные организации подразделений, штаб Всесоюзной ударной комсомольской стройки под руководством Сосновоборских городских комитетов КПСС и ВЛКСМ мобилизовали всех тружеников коллектива на безусловный пуск третьего энергоблока в установленный графиком срок — в декабре 1979 г.

Слаженная работа монтажников и других участников сооружения второй очереди станции дала возможность пустить третий блок на 2,5 года быстрее первого.

30 декабря 1979 г. Государственная комиссия подписала акт о приеме третьего энергоблока в эксплуатацию. Это было большой победой всех участников строительства и эксплуатационников.

Приветствие, с которым обратились к коллективу строителей и эксплуатационников ЦК КПСС и Президиум Верховного Совета СССР по случаю успешного вывода на проектную мощность третьего энергоблока, было горячо встречено во всех коллективах и воодушевило их на успешный ввод в строй четвертого блока.

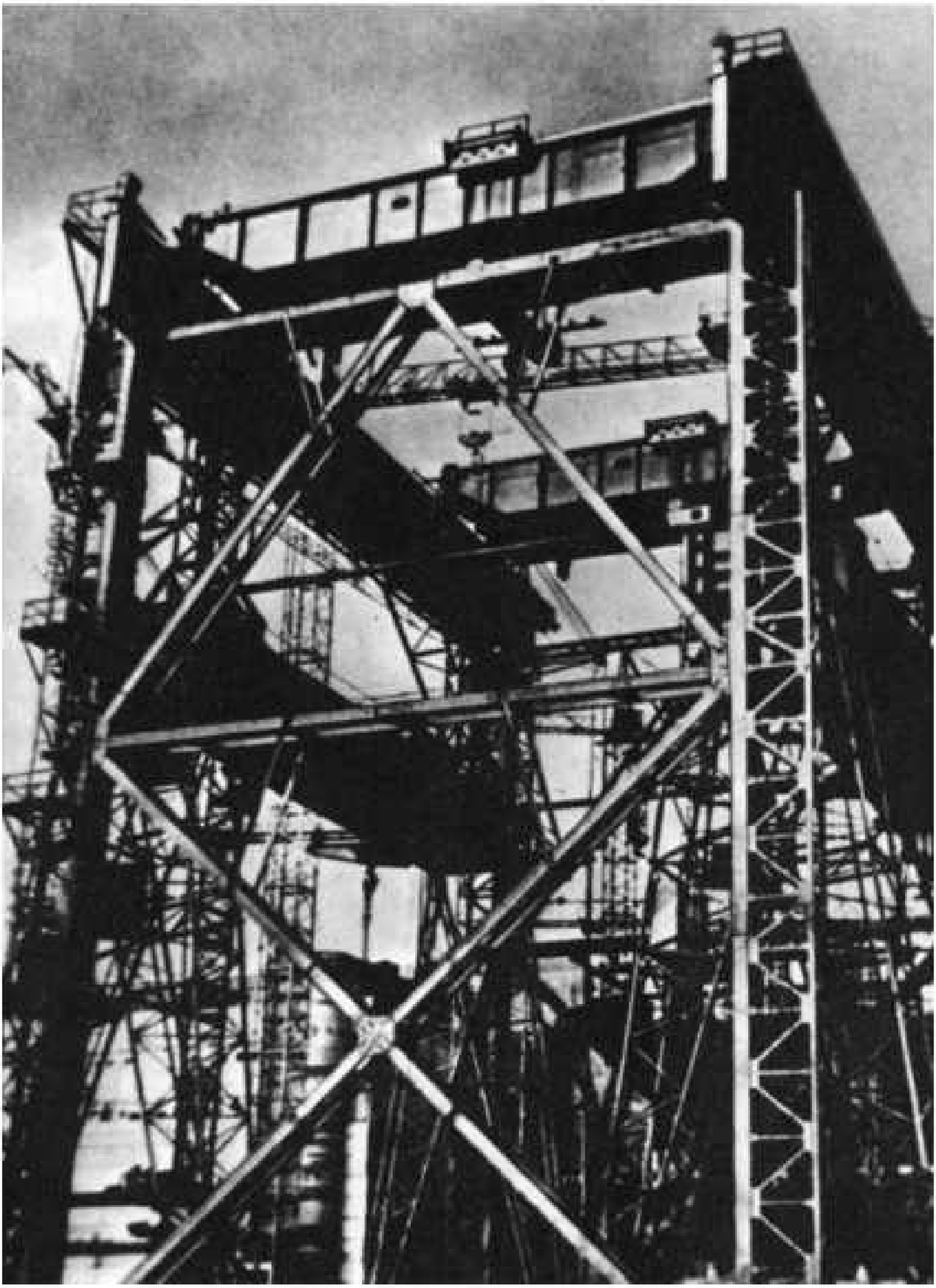
Бригада Героя Социалистического Труда А. И. Козловского

Особенно напряженным для строителей явился 1980 год — завершающий год десятой пятилетки, год подготовки к XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза.

В начале июня 1980 г. в ЦК КПСС состоялось совещание по проблемам развития атомной энергетики в СССР, где еще раз была подчеркнута необходимость быстрейшего вывода на проектную мощность Ленинградской АЭС. Было принято решение о вводе в эксплуатацию четвертого энергоблока к открытию XXVI съезда КПСС. Чрезвычайно сжатые сроки завершения оставшихся работ на этом последнем блоке требовали поистине самоотверженной работы каждого члена коллектива, глубокого понимания важности и значимости поставленных задач, партийной ответственности коммунистов стройки за достижение конечной цели всем коллективом.

В результате четкой координации действий всех участников строительства удалось добиться максимального совмещения строительных, монтажных, отделочных и пусконаладочных работ. Это позволило соорудить шахту реактора четвертого блока за 5,5 месяца, т. е. в 2 раза быстрее, чем для третьего блока.

Турбогенераторы третьего блока готовы к энергопуску



Многотонная эстакада движется к четвертому блоку

Уже в начале 1980 г. монтажники приступили к укрупнению конструкций реактора четвертого блока на площадках укрупнительной сборки. Параллельно готовилась транспортная схема подачи их в шахту реактора. Основным звеном схемы являлась перегрузочная эстакада с двумя кран-балками грузоподъемностью по 300 т каждая.

Согласно утвержденной технологии эстакаду и кран-балки надо было полностью демонтировать, перебазировать, а затем вновь монтировать на следующем блоке при условии его необходимой строительной готовности. Для демонтажа и монтажа эстакады требовалось не менее 2 месяцев работы нескольких десятков монтажников-высотников и сварщиков высокой квалификации, а также необходим был специальный кран грузоподъемностью 100 т. Но у монтажников появилась дерзкая мысль: переместить эстакаду без разборки, используя для этого козло-

Дерзкий замысел осуществлен: эстакада на новом месте — без демонтажа!

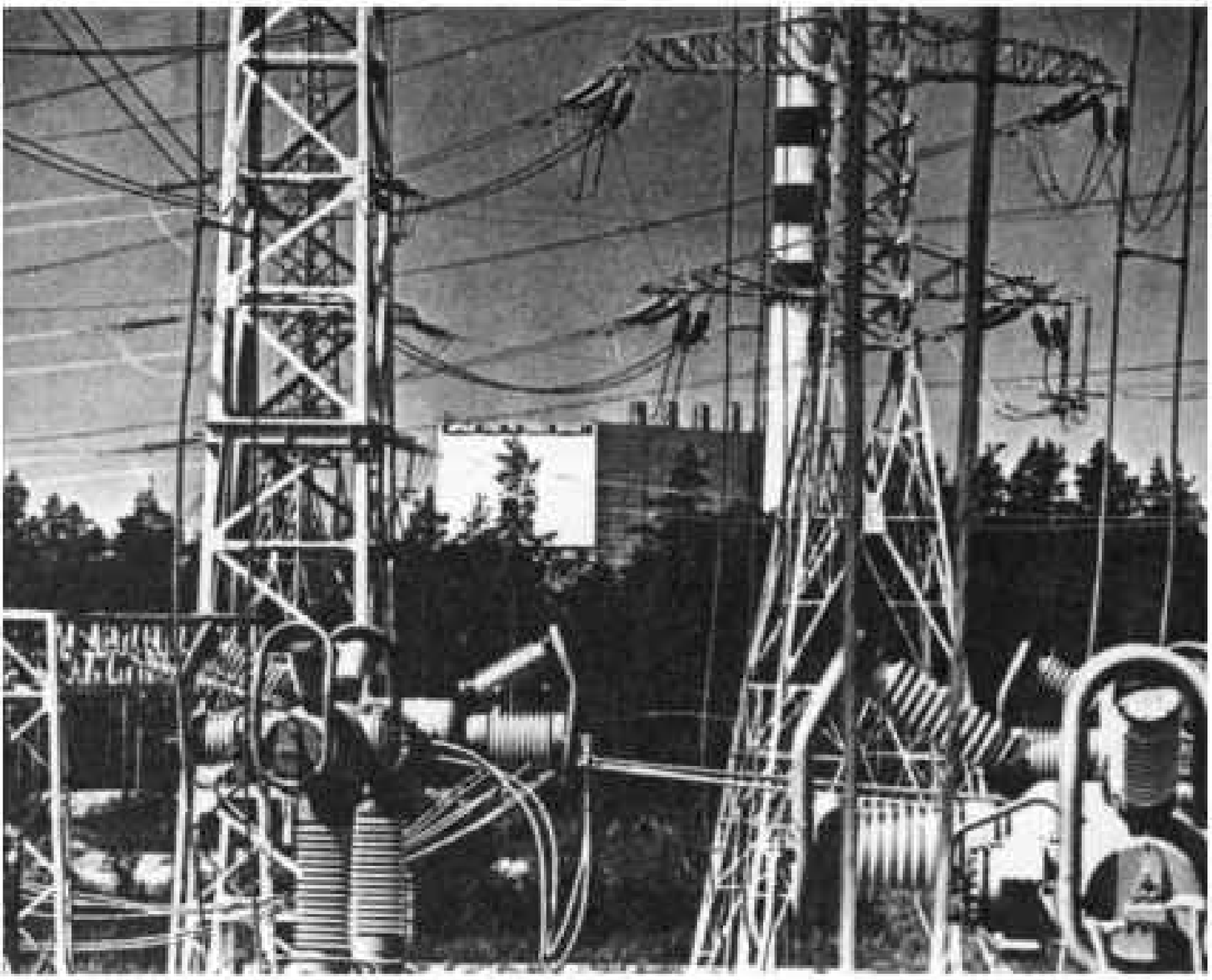
вые краны, входящие в транспортную схему, не дожидаясь строительной готовности реакторного блока. После соответствующих инженерных расчетов и согласований с проектировщиками этот смелый план был одобрен и осуществлен. В апреле 1980 г. была выполнена соответствующая подготовка и за одну ночь перемещена эстакада на ее новое место у четвертого блока. Вид этой массивной громадины весом в несколько сотен тонн и высотой около 40 м, оказавшейся значительно выше отметки, достигнутой к тому времени строителями, долго служил своего рода мобилизующим стимулом для всех участников сооружения четвертого энергоблока.

Обязательство пустить блок к открытию XXVI съезда КПСС заставило монтажников еще раз многое пересмотреть и передумать: на весь цикл монтажа оставалось 8 месяцев, в то время как раньше уходило от 19 до 29 месяцев. Требовался совершенно новый подход к организации работ. В этой обстановке от темпов первых дней монтажа зависел успех всего дела.

В связи с этим к моменту строительной готовности шахты — 22 июля 1980 г.— монтажники готовились особо тщательно. С первых же дней комплексные бригады взяли настолько высокий темп, работали так слаженно, что смонтировали конструкции всего за 11 суток вместо 28, отведенных по графику. Это в 8 раз быстрее, чем на третьем энергоблоке! Все коллективы — бригады, прорабства, участки — приняли предложенный темп и стремились перевыполнить и без того напряженные задания. Графитовая кладка реакторного пространства была выполнена за 8 суток (на третьем блоке — за 30 суток), монтаж пароводяных коммуникаций и трактов наращивания технологических каналов — за 45 суток (на третьем блоке — за 78 суток). И так на всех узлах и этапах монтажа реактора. Сделали невозможное: смонтировали трубопроводы обвязки барабанов-сепараторов всего за 12 дней и ни на один час не задержали пусковые операции. В обычных условиях на это требовалось 2,5 месяца.

В итоге замечательной работы коллектива реакторного участка и всех обеспечивающих служб монтаж реактора четвертого энергоблока был выполнен всего за 5,5 месяца, т. е. в 4 раза быстрее монтажа реактора третьего блока. Это был рекорд!

Не отставали и монтажники турбины, закончившие основной монтаж турбины № 7 к 7 ноября 1980 г., превысив в 2 раза свои прежние достижения.



Уложиться в заданный срок было возможно только при условии круглосуточного использования кранов. Поэтому с самого начала работа была организована по непрерывному циклу, включая субботы и воскресенья, с предоставлением дней отдыха по скользящему графику. Соответственно была организована и подача на рабочие места оборудования и трубопроводов, работа столовой, автотранспорта, автобусов и всех необходимых вспомогательных служб. Рассредоточение бригад и звеньев по сменам создало условия для повышения производительности труда каждого механомонтажника.

Образцы высокопроизводительного труда показали также и электромонтажники. В сокращении сроков электромонтажа большую роль сыграла предмонтажная подготовка оборудования, его сборка в наибольшие, возможные для транспортировки

Общее распределительное устройство Ленинградской АЭС

блоки с проведением ревизии наладочных работ, предварительная подготовка транспортных трасс для такелажа оборудования и затягивания кабелей на этажерки, применение специальной оснастки для сборки кабелей в жгуты и многое другое. Если на головном, первом, блоке продолжительность электромонтажа составляла 45 месяцев, то на четвертом блоке эти работы были выполнены за 20 месяцев.

Завершалась десятая пятилетка, коллектив строителей и монтажников был полон решимости достойно встретить XXVI съезд КПСС. И, конечно, самым дорогим подарком коллектива был ввод в эксплуатацию четвертого, последнего, блока Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина.

26 декабря 1980 г. в 20 часов 30 минут был осуществлен физический пуск реактора четвертого блока, а 9 февраля 1981 г., незадолго до открытия XXVI съезда КПСС, четвертый энергоблок был поставлен под промышленную нагрузку. И когда на XXVI съезде КПСС выступил один из основоположников использования атомной энергии в мирных целях в нашей стране президент Академии наук СССР академик Анатолий Петрович Александров и сообщил, что четвертый блок Ленинградской АЭС в строю действующих, это было восторженно встречено делегатами съезда.

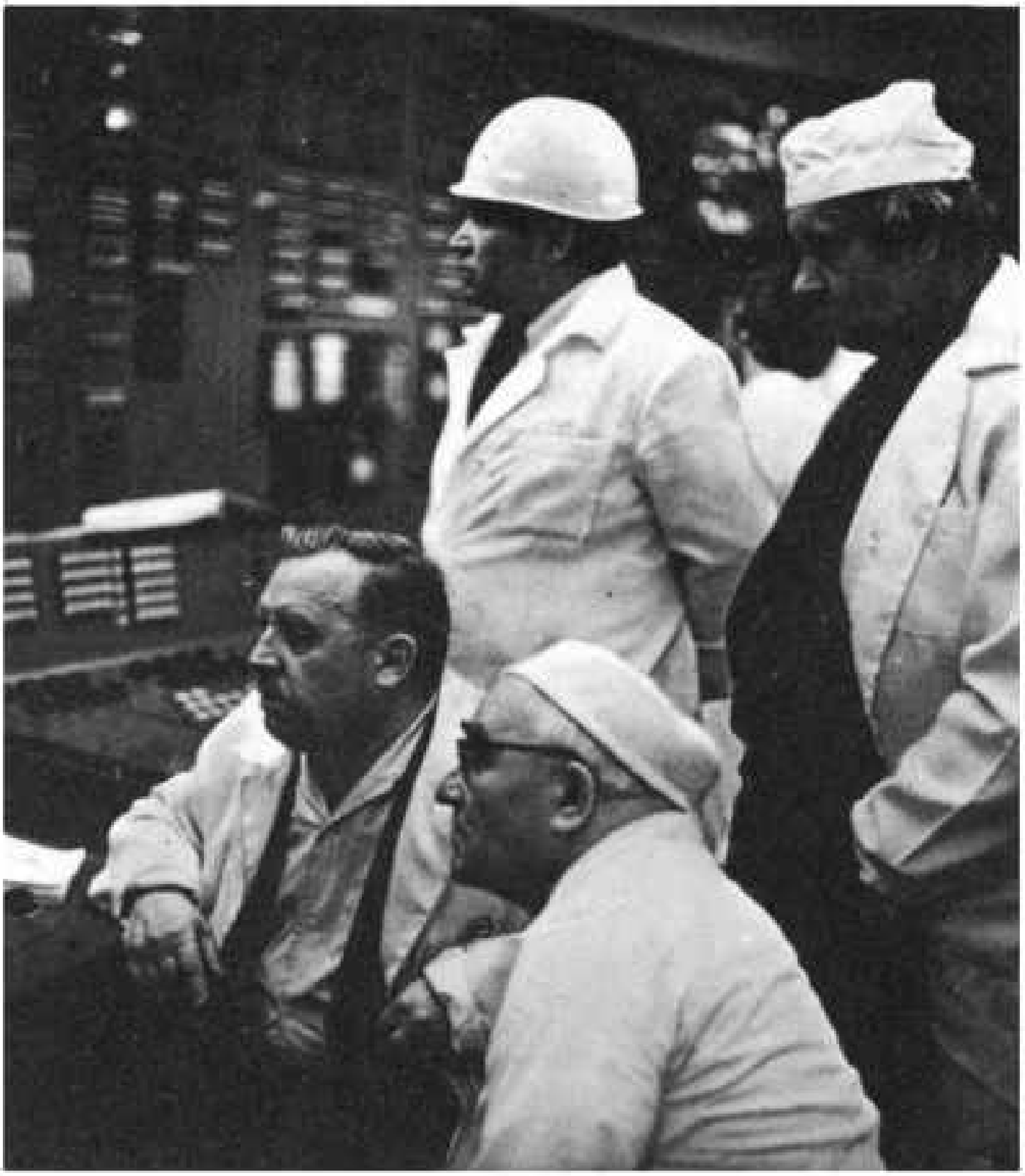
4 В СТРОЮ ДЕЙСТВУЮЩИХ

Разгрузочно-загрузочная машина для перегрузки топлива на работающем реакторе

На электростанции поочередно построены, выведены на проектную мощность и успешно работают четыре энергетических блока-миллионника. Все научные, конструкторские и проектные разработки выполнены специалистами СССР. Электростанция оснащена уникальным оборудованием только отечественного производства. Многие разработки и решения, внедренные на электростанции, далеко опережают имеющиеся зарубежные решения. Это относится, например, к разгрузочно-загрузочной машине, осуществляющей «на ходу» реактора перегрузку топливных кассет, к технологическому каналу из циркониево-ниобиевого сплава и многим другим конструктивным узлам станции.

Создание Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина явилось поистине всенародным делом. Ленинград, Москва, Горький, Харьков, Рига, Таллин, Нарва, Одесса, Фрунзе, Чехов, Пенза, Свердловск, Новосибирск, Иркутск, Комсомольск-на-Амуре и Артем — вот далеко не полный перечень городов, коллективы предприятий которых совместно со строителями, монтажниками и эксплуатационниками Ленинградской АЭС ковали трудовую победу. Все понимали, что только коллективный самоотверженный труд, государственный подход к поставленной задаче могут обеспечить успех ее решения.

Ввод Ленинградской атомной электростанции в строй действующих, освоение в короткие сроки ее проектной мощности и успешная эксплуатация с высоким коэффициентом использования установленной мощности подтвердили правильность заложенных в нее принципиальных конструкторских и проектных решений. Ленинградская АЭС с реакторами РБМК-1000 стала флагманом советской атомной энергетики и открыла программу широкого строительства АЭС с реакторами такого типа.



Разработка и претворение в жизнь смелых инженерных решений на всех этапах сооружения и освоения мощности Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина составили основу деятельности всего коллектива ее создателей. Широкое внедрение достижений научно-технического прогресса, передовых технологических процессов, а также большая работа по подготовке и воспитанию кадров во многом определили сегодняшний технический уровень станции.

Станция входит в строй действующих. Перед энергопуском

6 декабря 1966 г. была утверждена дирекция и первым директором строящейся ЛАЭС назначен лауреат Ленинской и Государственных премий В. П. Муравьев, а его заместителем по капитальному строительству — И. Г. Солдатов, имевшие богатый опыт строительства, пуска и освоения крупных промышленных объектов, обладавшие необходимыми способностями в подборе и расстановке кадров, в сплочении и воспитании коллектива.

На Ленинградскую АЭС привлекались специалисты, имеющие практический опыт в организации строительства и эксплуатации ядерных энергетических объектов, особенно с уран-графитовыми реакторами.

Уже в апреле 1968 г. из будущих эксплуатационников было создано технологическое бюро. Перед технологическим бюро была поставлена задача возглавить руководство и координацию работ по разработке, стендовым испытаниям оборудования и систем, комплектующих блок с реактором РБМК, по выдаче исходных данных проектным организациям, по анализу и необходимой корректировке проектных решений. С января 1969 г. контроль за ходом всех научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок со стендовыми испытания-

Один из основоположников атомной энергетики президент АН СССР академик А. П. Александров и первый директор Ленинградской АЭС В. П. Муравьев

ми был передан технологическому бюро строящейся станции. К этому времени состав бюро значительно пополнился и в него вошли практически все ведущие специалисты будущих цехов и отделов. На этой стадии работы специалисты бюро заложили хорошую основу для решений, обеспечивающих требуемый уровень надежности работы тепловых и электрических схем и оборудования.

Одновременно с технологическим бюро была создана комиссия по рассмотрению переходных и аварийных режимов работы станции.

Наличие на станции группы специалистов с большим опытом работы и создание указанной комиссии позволили настроить проектировщиков, конструкторов, заводы — изготовители оборудования — на ответственное отношение к своим разработкам и внедрить на стадии проектирования, изготовления и монтажа множество проектных решений, существенно повысить надежность работы станции.

В 1970 г. при эксплуатационной службе Ленинградской АЭС была организована группа дефектоскопии и сварки. По мере строительства и монтажа первого блока станции эта группа занималась входным и выборочным контролем сварных швов и основного металла трубопроводов и оборудования, поступающих на монтажную площадку и смонтированных монтажными организациями. Таким образом, был налажен первоначальный контроль со стороны эксплуатационного персонала за качеством монтажа АЭС. В связи с ускорением темпов строительства и монтажа в 1973 г. группа дефектоскопии и сварки была введена в состав научно-исследовательского отдела, расширена и технически оснащена современными приборами и оборудованием, необходимыми для контрольных и научно-исследовательских работ. В эту группу вошли специалисты — металловеды, сварщики, дефектоскописты, металлографы. Задачей группы стал контроль качества монтажа металлоконструкций станции, качества поставляемого оборудования, выборочный контроль сварных швов и основного металла и др.

Была создана инициативная группа, которая возглавила работы по составлению технических программ испытания и включения оборудования и технологических систем, по приемке оборудования и приборов на заводах-изготовителях, созданию технологических графиков очередности ввода систем и объ-

Ведущие специалисты-эксплуатационники в реакторном зале

ектов, а также предмонтажную ревизию оборудования, комплектование, обучение и аттестацию эксплуатационного и ремонтного персонала, подготовку эксплуатационной и ремонтной технической документации.

Практически все основные системы и оборудование Ленинградской АЭС уникальны, причем не только основанные на новых принципах, но и базирующиеся, казалось бы, на обычных технических решениях, так как из-за очень больших единичных мощностей почти все основное оборудование не могло быть полностью проверено в стендовых условиях в период разработок

Производится спектральный анализ металла

Определяется электронная структура материала

UH-53

проектов. Это привело к необходимости уточнения реальных характеристик оборудования и его доводки, иногда существенной (например, доводка арматуры, особенно предохранительных клапанов). Тем более это относилось к реактору и к принципиально новым системам и специфическим процессам. По всем этим системам в очень сжатые сроки в ходе пуска и освоения мощности был проведен широкий комплекс опытно-наладочных и исследовательских работ.

В ходе пуска и освоения только первого блока Ленинградской АЭС было реализовано свыше 420 пусконаладочных и научно-технических программ.

Основной задачей исследований было изучение и прогнозирование физических и теплогидравлических характеристик реактора РБМК-1000 и изучение поведения материалов, оборудования, арматуры и трубопроводов в условиях эксплуатации. В короткий период научно-исследовательский отдел был оснащен необходимым оборудованием, приборами, ЭВМ, «горячими» (для работы с радиоактивными веществами) камерами и боксами. Это позволило вести необходимые научно-исследовательские работы на станции.

Ниже перечислены важнейшие результаты работ, проведенных на Ленинградской АЭС:

впервые отработана технология загрузки кассет в каналы;

разработана и реализована методика определения промежуточных критических масс, позволившая во время физического пуска находить оптимальный состав активной зоны с обеспечением необходимого запаса реактивности;

определены физические характеристики активной зоны, ядерные характеристики поглотителей и воды, а также получены исходные данные, позволившие разработать соответствующие методики расчетов полей энерговыделения на ЭВМ системы «Скала» и внешней ЭВМ — БЭСМ-6;

разработана технология физического пуска реактора РБМК, которая на последующих блоках АЭС с этим типом реактора позволила сократить время физического пуска.

Заложенные при конструировании и проектировании параметры, в частности энергонапряженность и глубина выгорания ядерного топлива, привели к глубоким качественным изменениям характеристик реактора РБМК-1000 по сравнению с канальными реакторами первых поколений.

Физическому пуску первого реактора РБМК-1000 уделялось особое внимание, поскольку он был первым в серии реакторов подобного типа. Загрузка и физический пуск такого большого реактора, как РБМК, были сложной и ответственной задачей.

Физический пуск реактора вдохнул жизнь в первый энергоблок Ленинградской АЭС и одновременно поставил перед коллективом ее создателей новые задачи. Необходимо было при различных режимах работы реактора уточнить его нейтронно-физические характеристики, создать условия надежной его эксплуатации.

В процессе пуска станции были отработаны два технологических процесса продувки паропроводов, что представляло собой сложную инженерную проблему. На первом блоке предусматривалась продувка паропроводов с использованием пара при выводе его на мощность, а на втором блоке — промывка паропроводов водой от питательных насосов. С учетом фактических результатов и качества продувки для второй очереди Ленинградской и для последующих блоков других АЭС однозначно была рекомендована продувка паропроводов паром реактора.

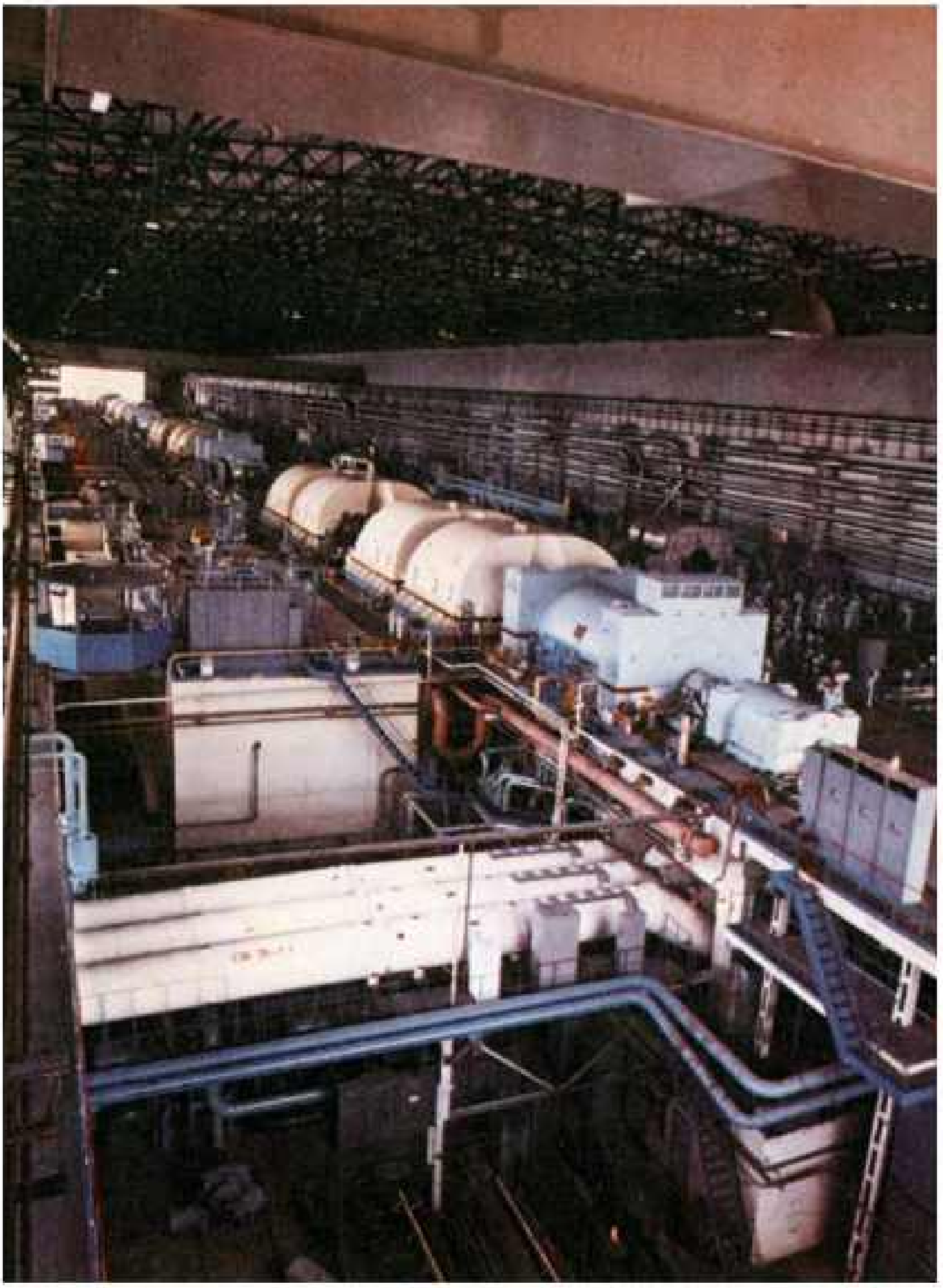
Была проведена большая серия исследований поведения реакторных материалов в сильных полях радиоактивных излучений. Большое внимание было уделено изучению продольной и диаметральной ползучести циркониевой части технологических каналов.

Представляют практический и научный интерес результаты комплексных исследований физики и динамики реактора в процессе его эксплуатации на различных уровнях мощности:

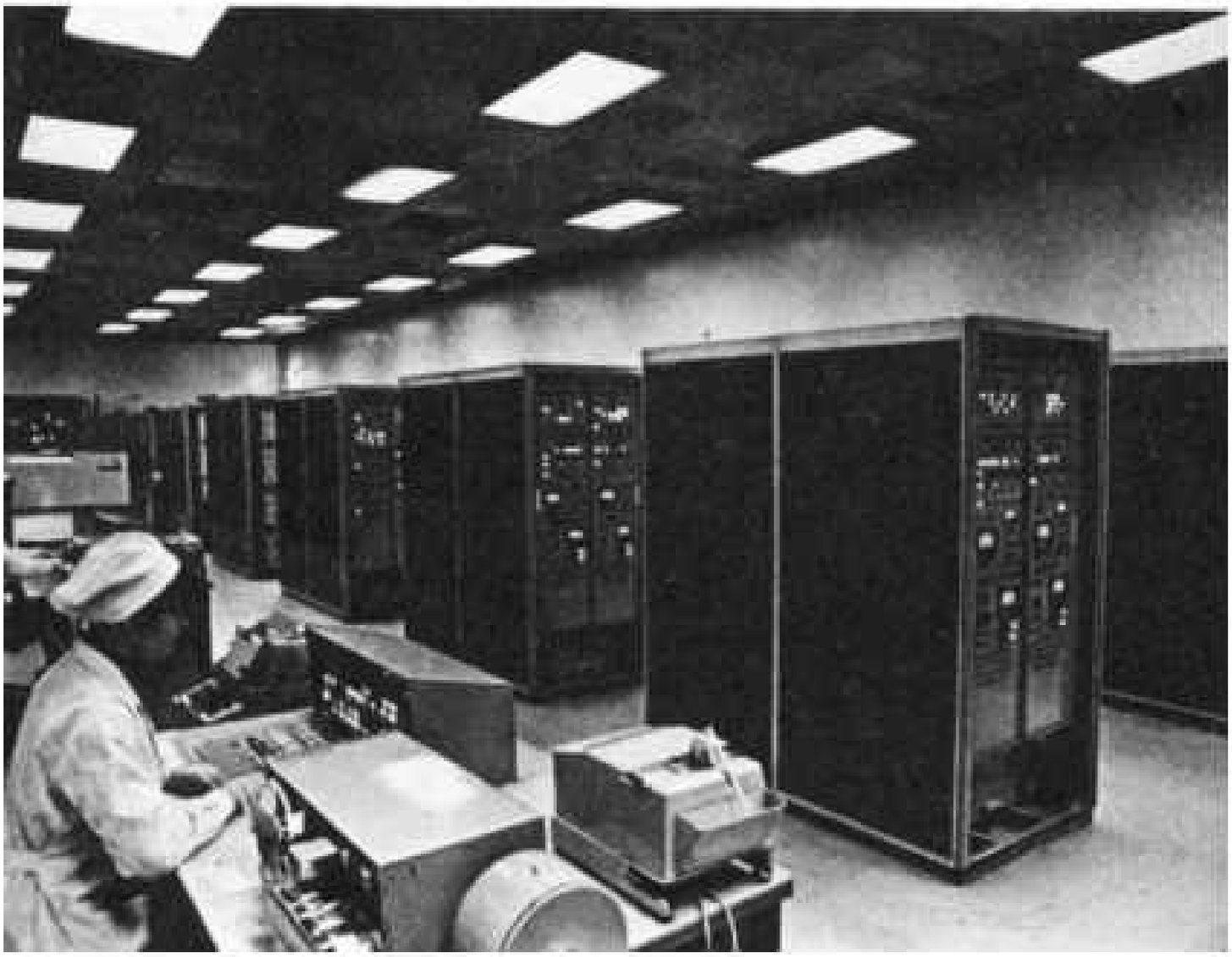
получены данные о качественном и количественном изменении физических и динамических характеристик реактора в процессе замены дополнительных поглотителей на тепловыделяющих сборках и в процессе выгорания топлива;

определены характеристики нестационарных деформаций полей энерговыделения по радиально-азимутальному и аксиальному направлениям и факторы, влияющие на эти характеристики;

отработаны методики оперативного определения физических и динамических характеристик реактора в процессе его нормальной эксплуатации;



Турбинный зал Ленинградской АЭС



выработана рациональная стратегия ввода в строй специальных систем регулирования энерговыделения и уточнены алгоритмы работы системы физического контроля распределения энерговыделения по реактору.

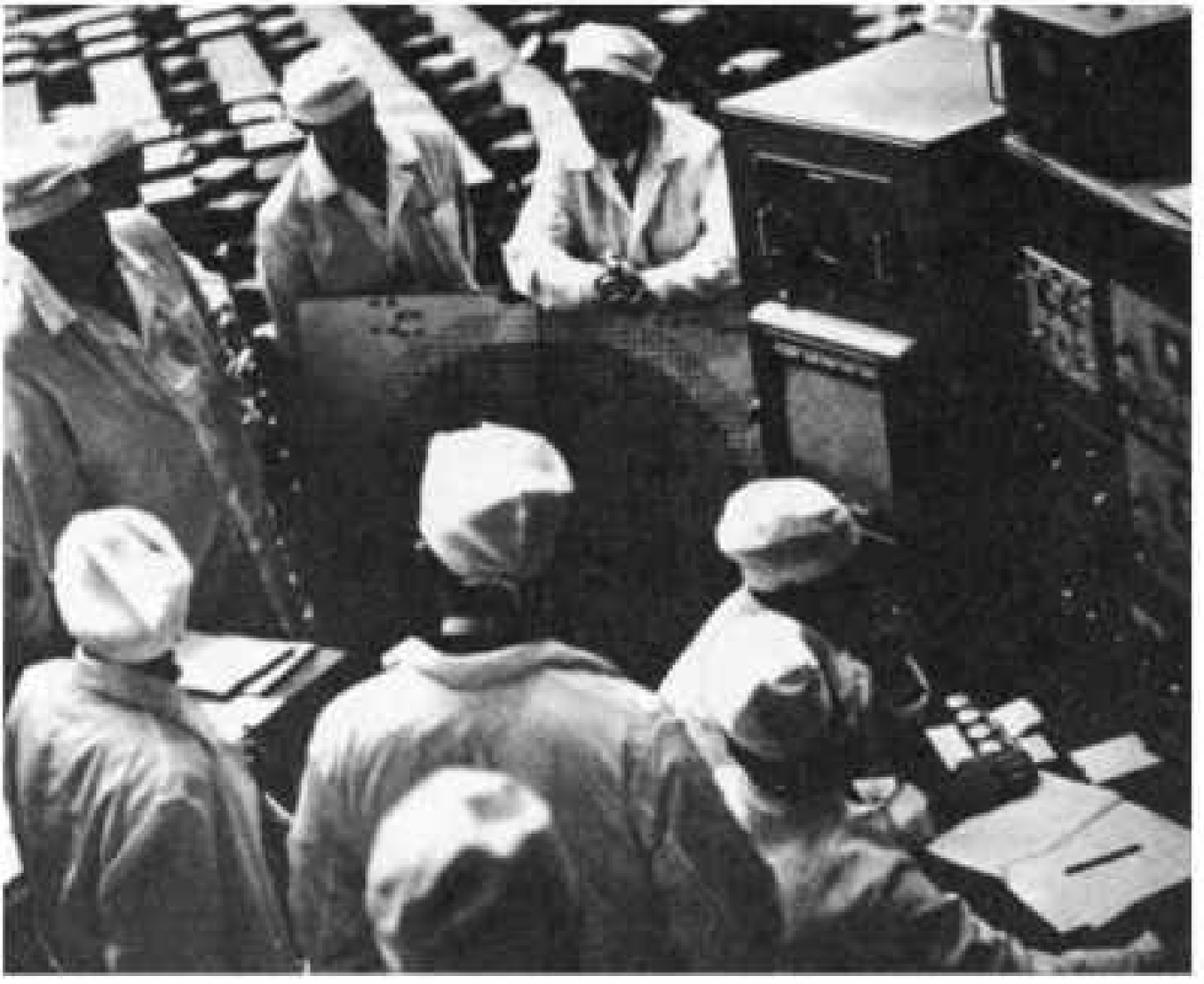
Процессы, протекающие в реакторе большой мощности и больших физических размеров с кипящим теплоносителем, приближаются к границе динамической устойчивости. Обнаруженная на практике неустойчивость реактора в радиальном и осевом энерговыделении потребовала внедрения новой системы локального регулирования и системы локальной защиты. Системы локального регулирования внедрены на всех четырех блоках станции, что обеспечило более надежную работу реакторов и позволило получить значительный экономический эффект.

Принципиальными для реакторов типа РБМК являлись следующие вопросы: 1) можно ли практически удержать гелий, обеспечивающий теплоотвод от графита и предохраняющий его

Контроль технологического процесса — только с помощью ЭВМ

Работают с радиоактивными веществами →

Загружается последняя тепловыделяющая сборка



от окисления, в огромной полости (1000 м^3) замедлителя и в сложном газовом контуре и 2) будет ли температура графита при практически достижимых концентрациях гелия иметь достаточный запас по отношению к допустимой?

Наладка, пуск и освоение газового контура и установки очистки гелия позволили ответить положительно на оба этих вопроса. Было доказано, что при охлаждении кладки азотом температура графита не превосходит допустимую при мощности реактора до 80 %. Максимальная температура при 100 %-ной мощности и гелиевом охлаждении составила 650 °С, что на 100 °С меньше допустимой. Этот важный факт наряду с другими стимулировал и поставил на твердый фундамент разработку проекта форсированного реактора мощностью 1,5 млн. кВт при том же числе каналов, что позволит существенно снизить удельные капитальные затраты.

Важное значение имела отладка и практическая проверка работы системы контроля целостности технологических кана-

Изучается поведение реакторных материалов в условиях высокоионизирующего излучения

лов, позволяющей обнаружить поврежденный (технологический канал.

Одно из серьезных направлений работ при освоении Ленинградской АЭС связано с барабаном-сепаратором. Несмотря на то что гравитационная сепарация в горизонтальном барабане традиционна, особенности контура многократной принудительной циркуляции, большой объем пара в пароводяных коммуникациях и технологических каналах, замещаемый водой из сепаратора при аварийной защите, большие кратности циркуляции, большие габариты барабана-сепаратора придали ему специфические свойства и обусловили подчас неожиданные трудности, которые проявили себя лишь при мощности более 80 %, а именно: перекосы уровней между соседними барабанами-сепараторами и вдоль них; захват пара при большом снижении уровня; уменьшенный против проектного запас воды (из-за наличия пара в водяном объеме).

При первом появлении этих признаков была начата систематическая работа по их изучению, анализу возможных причин и их устранению. Были предложены и подробно рассмотрены разные способы устранения осевого перекоса, среди которых выбран и реализован способ отвода пара на разные турбины с помощью двух пароотводящих коллекторов барабана-сепаратора и с установкой регулирующих шайб в патрубках отвода пара. Предложено и уже реализовано на всех блоках АЭС порядное подсоединение пароводяных коммуникаций к барабанам-сепараторам — так, чтобы соседние ряды технологических каналов подсоединялись к разным барабанам-сепараторам, что обеспечило практическое равенство суммарных расходов пара и воды через соседние барабаны-сепараторы и сократило разницу уровней между ними. Реализация данного решения для последующих блоков в стадии проектирования не вызвала трудностей.

Другой важной проблемой, связанной с массовой заменой расходомеров и запорно-регулирующих клапанов на более совершенную конструкцию, была разработка и внедрение системы массового замораживания труб нижних водяных коммуникаций при сохранении возможности теплоотвода от тепловыделяющих сборок.

Для АЭС с реакторами РБМК принципиально важные перспективы открываются при освоении процесса перегрузки

топлива не только на остановленном, расхоложенном, но и ни работающем реакторе. Это позволяет резко повысить технико-экономические показатели за счет повышения коэффициента использования установленной мощности и глубины выгорания топлива. Отработка режимов и успешная эксплуатация уникальной разгрузочно-загрузочной машины показали, что перегрузки обеспечиваются во всех эксплуатационных режимах с заданными параметрами и при этом в центральном зале сохраняются нормальные условия для проведения других работ. Кроме того, были выявлены возможности дальнейшего конструктивного усовершенствования разгрузочно-загрузочной машины как для действующих, так и для строящихся блоков. Персоналом станции совместно с разработчиками был выполнен большой объем работ по наладке разгрузочно-загрузочной машины. Указанная система перегрузки позволяет производить компенсацию падения реактивности от выгорания топлива, не делая специальных остановок блока электростанции, как это производится на АЭС с водо-водяными реакторами.

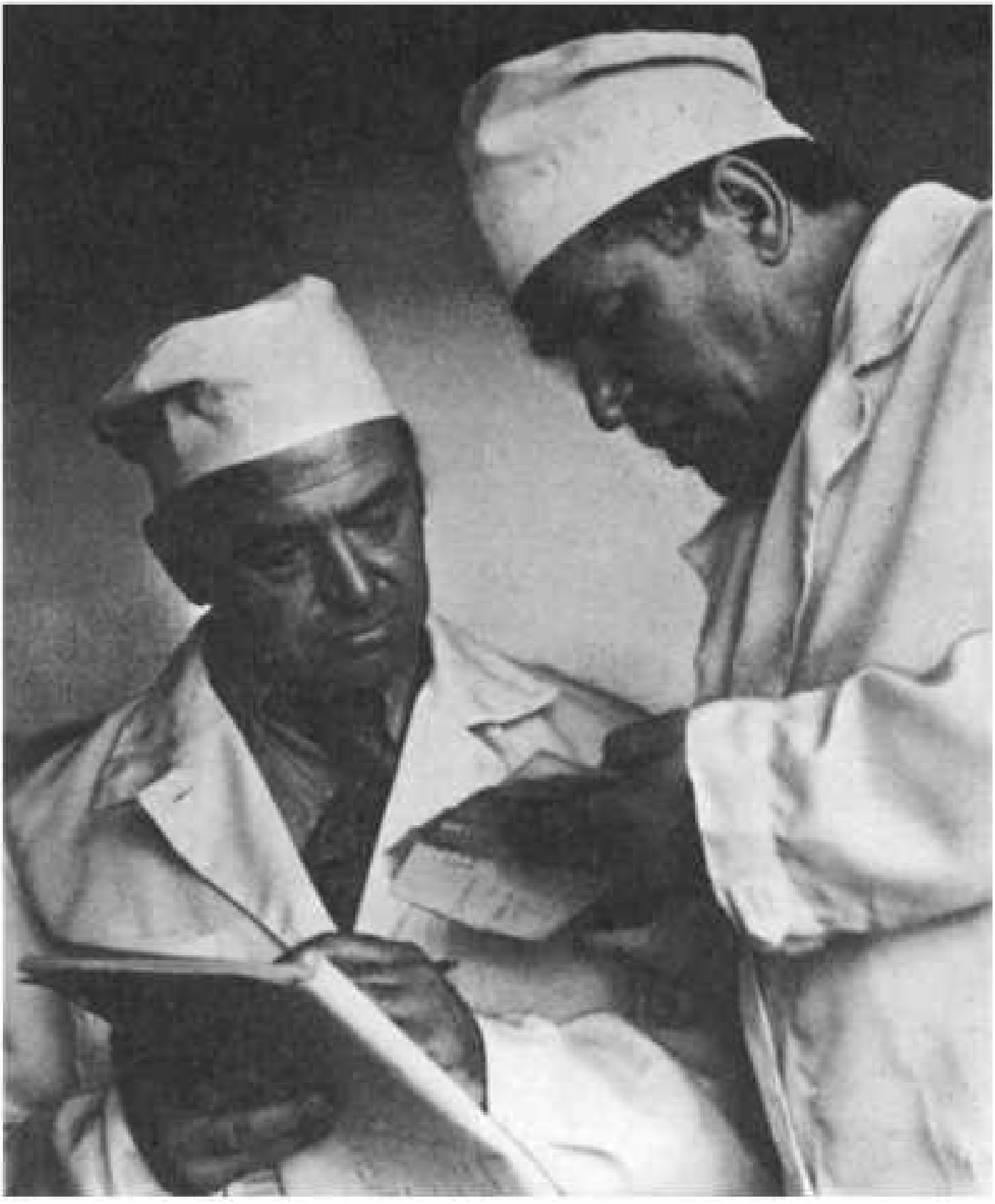
Опыт эксплуатации турбин доказал их высокую работоспособность. Эрозия лопаток и направляющих аппаратов в целом находится в нормальных пределах. Все это практически решило давний спор в пользу быстроходных турбин и позволило взять курс на разработку этого типа турбин мощностью до 750 МВт для реактора РБМК-1500.

Несмотря на то что конденсатно-питательный тракт является традиционным устройством, опыт пуска выявил несколько важных характерных и принципиальных трудностей, преодоление которых на Ленинградской АЭС нормализовало работу и позволило сформулировать новые требования к соответствующим узлам.

Из-за отсутствия предвключенных механических фильтров Н-фильтры конденсатоочистки требуют частого взрыхления для освобождения от осевших в верхней части фильтра продуктов коррозии. Это приводит к нарушению Н-катионирования, проскакиванию ионов натрия и росту pH в щелочную сторону. Это явление было подробно проанализировано, и решено перейти к использованию фильтров смешанного действия с предвключенными механическими фильтрами, в качестве которых было использовано оборудование Н-фильтров. Это решение позволило обеспечить требуемые нормы бескоррекционного водного режи-

ма в контуре реактора и было реализовано на всех действующих и строящихся блоках АЭС с реакторами РБМК. Качественный водно-химический режим во многом определяет длительную работоспособность АЭС.

В связи со сложностью водно-химических и коррозионных процессов практическое изучение и отладку водно-химического



Реактор требует постоянного внимания

Вода — основная рабочая среда на АЭС

режима пришлось производить на станции. На Ленинградской АЭС впервые в таком большом объеме реализован бескоррекционный «нейтральный» водный режим. Это обусловило необходимость тщательного исключения источников нарушения водного режима, особенно в условиях использования морской воды в качестве хладагента. Анализ полученного большого фактического материала позволил сделать ряд принятых к реализации предложений для действующих и проектируемых АЭС.

Как на любом сложном, крупном объекте, от качества работы системы контроля и управления во многом зависит надежность, эффективность и безаварийность работы АЭС. Для крупных АЭС с канальным реактором объем контроля возрастает до 1000 точек, что делает необходимым использование в системах управления электронно-вычислительных машин для оперативной переработки огромных потоков информации о работе систем и оборудования блоков, для контроля параметров и выдачи необходимой информации оператору. Такой системой на Ленинградской АЭС является «Скала».

Проводившийся на всех этапах наладки и пуска АЭС глубокий и всесторонний анализ системы централизованного контроля и автоматики позволил разработать и внедрить целый ряд усовершенствований, направленных на повышение эффективности и улучшение эксплуатационных свойств АЭС. Эти мероприятия касались следующих вопросов:

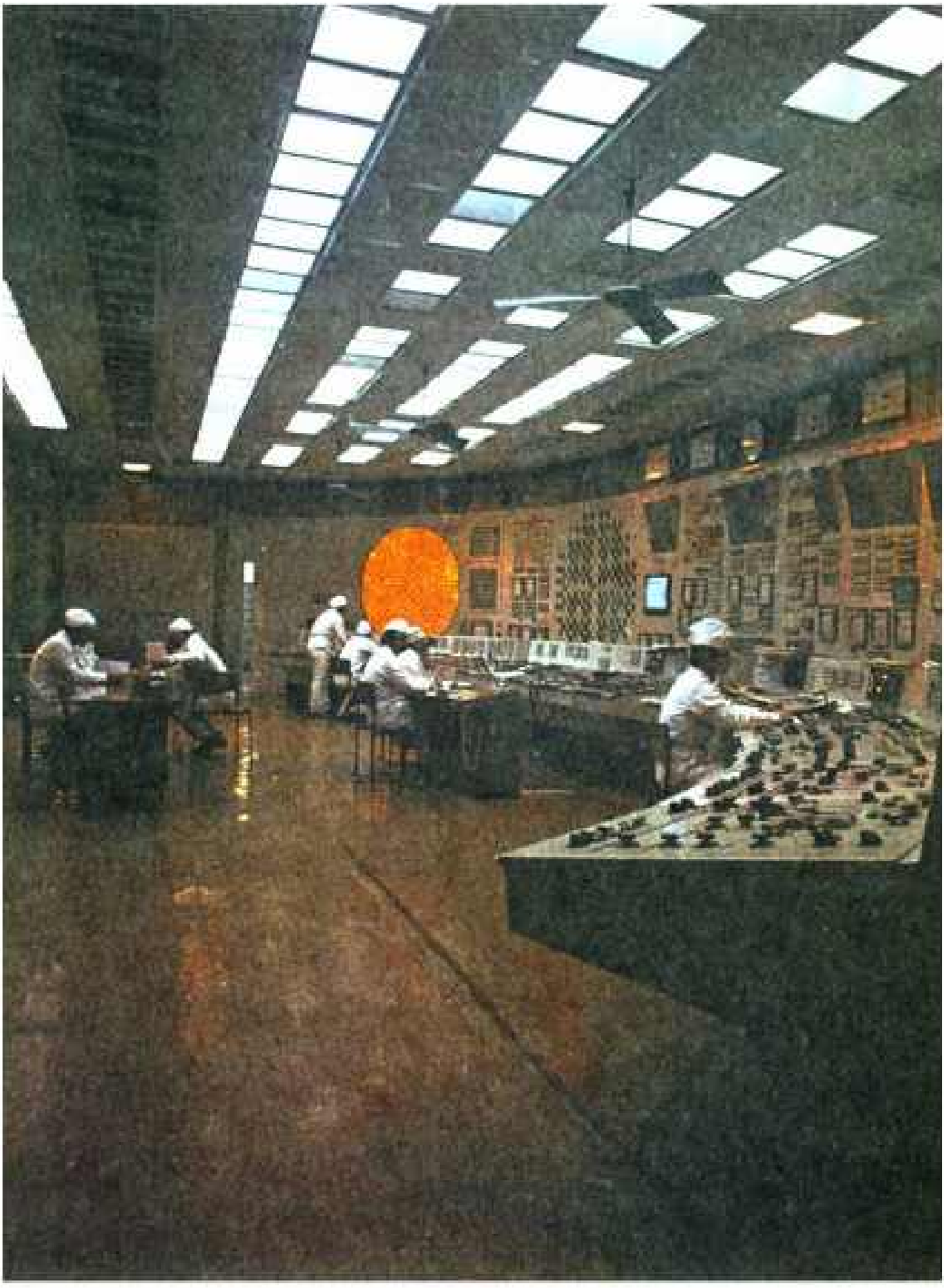
наиболее удобного представления информации о состоянии технологических систем и АЭС в целом на пульте оператора и местных щитах;

повышения надежности работы приборов и систем контроля;

усовершенствования алгоритмов контроля блока и ввода их в эксплуатацию;

использования системы «Скала» для сбора и первичной обработки информации и последующего анализа переходных процессов.

Значительное внимание при настройке контрольно-измерительных приборов уделялось вопросам резервирования наиболее ответственных технологических параметров блока, и в частности расходов теплоносителя. Была предложена и освоена система контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов для наблюдения за качественным расходом теплоносителя через технологические каналы по данным азотной активно-



За пультом управления

Подготовка ядерного топлива к работе

сти. Необходимая для этой цели связь активности изотопа азота с расходом и мощностью была получена расчетным путем и подтверждена экспериментально.

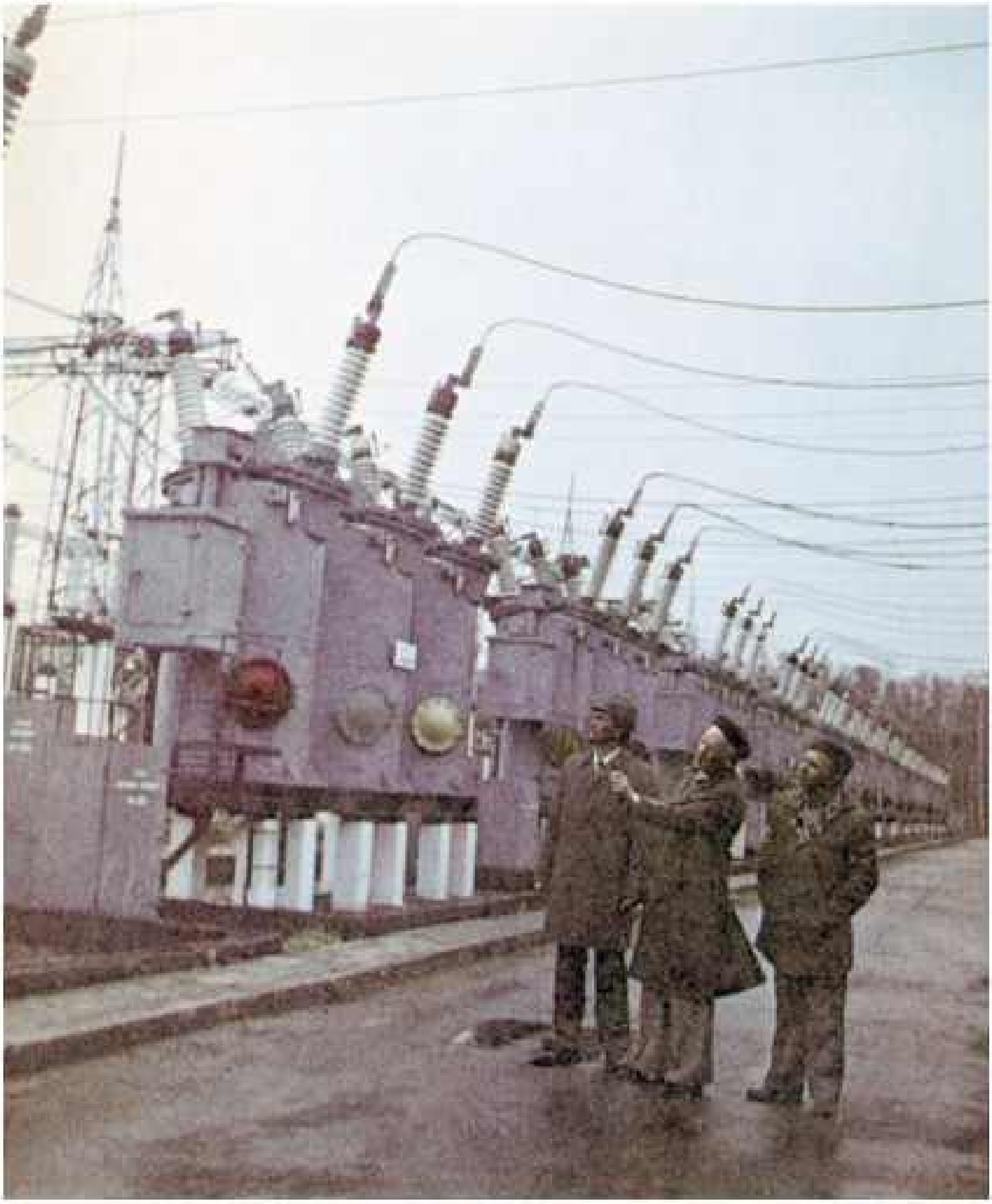
Впервые в реакторостроении на Ленинградской АЭС применена система оперативного поканального контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов без традиционной громоздкой и разветвленной системы отбора проб от каждого канала. Ввод в эксплуатацию этой новой системы потребовал выполнения большого объема исследований для выявления оптимальных параметров ее настройки. Эксплуатация системы показала хорошее соответствие результатов с данными неоперативных пробоотборных методов контроля герметичности. Внедрение результатов исследований в практику работы станции привело к значительному снижению радиоактивных выбросов во внешнюю среду. Работы выполнялись с участием представителей Союзного научно-исследовательского института приборостроения.

Были проведены исследования тепловыделяющих сборок с тепловыделящими элементами, герметизированными различными способами сварки, испытаны различные материалы оболочек и новые конструктивные разработки тепловыделяющих сборок. Испытаны кассеты с интенсификаторами теплообмена для РБМК-1500. Таким образом, Ленинградская АЭС фактически стала как бы полигоном для испытания новых видов топлива, конструкционных материалов и отдельных элементов конструкций тепловыделяющих сборок.

При работе первого блока на проектной мощности возникли новые задачи, требующие проектных решений, разработки и поставки дополнительного оборудования, его монтажа с целью обеспечения устойчивой и безопасной работы энергоблока на проектном уровне мощности.

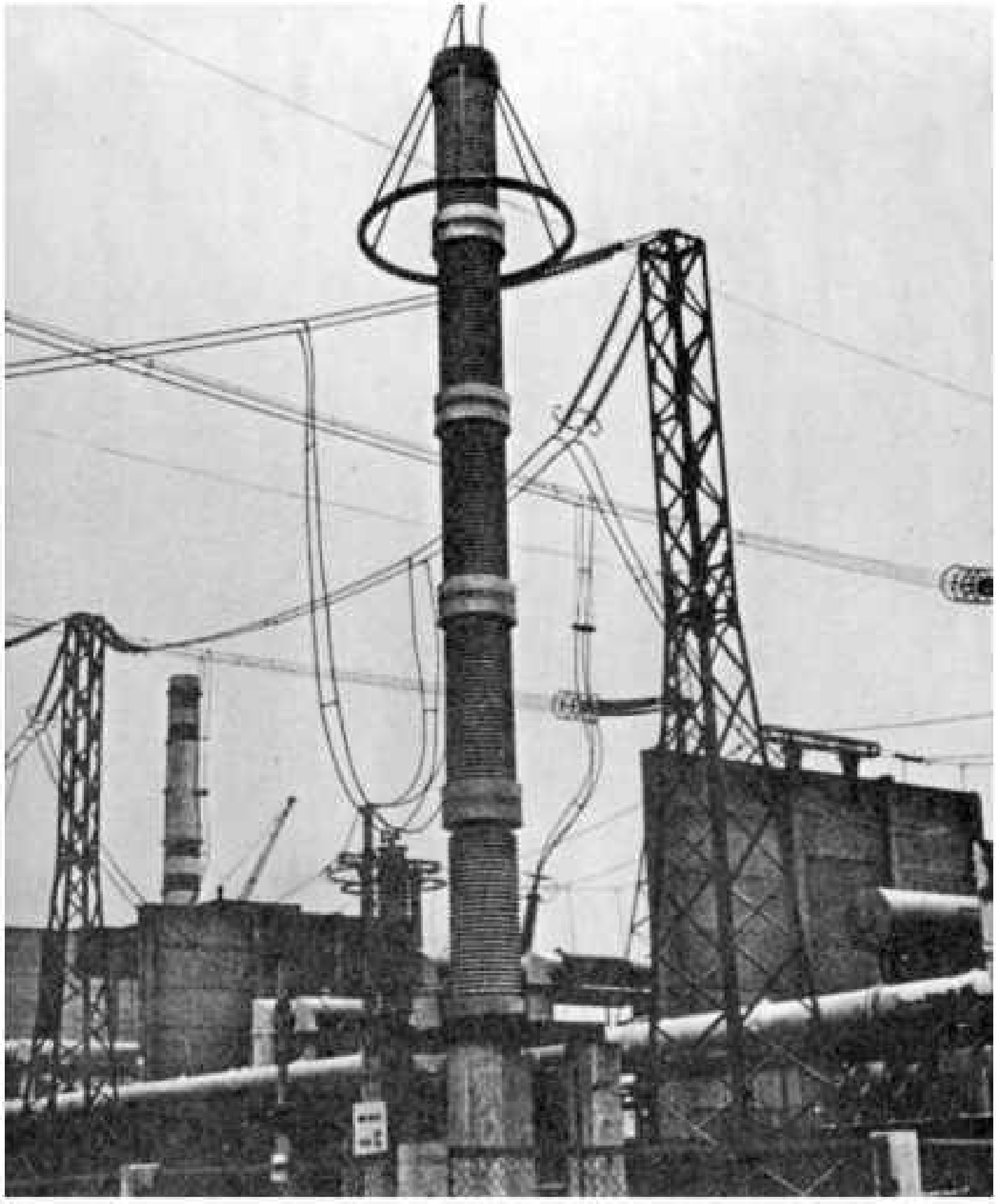
Проведенные исследования показали реальную возможность многократных перестановок кассет на работающем реакторе, и была разработана технология выполнения этой перегрузки. Внедрение в практику этого важного мероприятия позволило повысить равномерность полей энерговыделения реактора и увеличить глубину выгорания топлива.

Одновременно была разработана технология повторного использования тепловыводящих сборок, выгруженных в переходный период работы реакторов с неполным выгоранием



Ленинградская АЭС — один из крупнейших и надежных поставщиков электроэнергии в энергосистемы Северо-Запада и Центра страны (а, б)

а



6

топлива и хранящихся в бассейнах выдержки. Решению этой сложной проблемы предшествовали тщательные исследования коррозионной стойкости материала оболочек тепловыделяющих элементов, прочностных характеристик конструкционных элементов тепловыделяющих сборок, выгорания топлива по их высоте и радиусу, методов их дезактивации и ремонта и методов контроля герметичности тепловыделяющих элементов перед загрузкой тепловыделяющих сборок и во время перегрузочных операций.

Внедрение технологии повторного использования тепловыделяющих сборок позволило существенно уменьшить их расход и снизить себестоимость электроэнергии, отпускаемой АЭС с реакторами РБМК-1000.

Высокая единичная мощность блоков — 1 млн. кВт потребовала создания новых образцов электрооборудования: трансформаторов мощностью 630 и 1250 МВ · А, напряжением 330 и 750 кВ, генераторов с бесщеточной системой возбуждения, выключателей генераторного напряжения с токами до 20 000 А, мощных электродвигателей для привода главных циркуляционных насосов, новых серий комплектных распределительных устройств 6 и 0,4 кВ для питания потребителей собственных нужд.

Высокие требования к надежности электроснабжения собственных нужд АЭС, в частности систем аварийного расхолаживания реактора, привели к созданию дублирующих схем электроснабжения. На третьем и четвертом блоках впервые была применена электрическая схема с двумя последовательно установленными выключателями и подключением рабочего трансформатора собственных нужд между выключателями. Применение этой схемы позволило исключить оперативные переключения секций собственных нужд на работающем реакторе и в то же время сохранить выбег генераторов.

Особенностью АЭС с реакторами РБМК является их непрерывная работа при больших межремонтных периодах. Это потребовало на стадии проектирования, заказа электрооборудования, его монтажа и наладки выполнить комплекс мероприятий по повышению надежности всех видов электрооборудования, доведения его межремонтного цикла до 4 лет.

При строительстве ОРУ-330 кВ и ОРУ-750 кВ впервые было принято решение не сооружать на ОРУ компрессорные станции

для снабжения сжатым воздухом воздушных выключателей, а использовать для этих целей сжатый воздух от центральной компрессорной станции. Применение высококачественного воздуха с точкой росы —70 °С явилось одним из факторов, позволивших перейти на 6—8-летний межремонтный цикл по воздушным выключателям.

Опыт первых лет эксплуатации показал, что применение на ОРУ-750 кВ впервые в стране подвесных разъединителей и телескопических заземлителей класса 750 кВ было правильным. Простые и надежные по конструкции, удобные в эксплуатации указанные электроаппараты позволили значительно уменьшить габариты подстанции и снизить затраты на ее строительство.

С серьезной трудностью — нагревом строительных и монтажных металлических конструкций камер генераторных выключателей электромагнитными полями, создаваемыми рабочими токами генератора, столкнулись проектировщики, строители и электромонтажники. Проведение серии испытаний позволило решить эту проблему и своевременно скорректировать чертежи на последующие блоки Ленинградской АЭС, а также блоки Курской и Чернобыльской АЭС.

С подключением мощности 4 млн. кВт Ленинградской АЭС к системе Ленэнерго линиями электропередачи напряжением 330 и 750 кВ у энергетиков Северо-Запада и Центра страны появился ряд проблем, связанных с пропускной способностью линий между Северо-Западом и Центром, возможностью одновременного отключения нескольких блоков. Это потребовало разработки и внедрения комплекса автоматики, обеспечивающего стабильную работу Ленинградской АЭС в системе.

Проведенный комплекс работ позволил приблизить уровень надежности электрической части к уровню самых надежных систем станции.

Разветвленность и сложность контура многократной принудительной циркуляции потребовали широкого развертывания работ по экспериментальному изучению и проверке напряженного состояния и вибрации всех его ответственных узлов и элементов на этапах пуска с помощью специальной системы тензовибродатчиков. Эти исследования были проведены при различном состоянии контура (без воды и с водой, без давления и с давлением, при разном числе включенных насосов, в нормальных и переходных режимах). Масштабы проводимых ис-

следований не имеют аналогов в атомном реакторостроении. Исследования позволили определить фактическое напряженно-деформированное состояние контура и опор, его термомеханические перемещения, максимально напряженные сечения и точки, дать рекомендации для будущих блоков по термомеханическому «облагораживанию» тех мест контура, в которых напряжения были близки к предельным. Обнаруженные в ряде трубопроводов машинного зала значительные вибрации были доведены до нормы установкой дополнительных опор.

Ленинградская АЭС — одноконтурная станция, поэтому на всех этапах пуска и эксплуатации всегда большое значение придавалось радиационным аспектам ее работы. Многочисленные измерения и анализ данных показали, что по всем основным показателям радиационная обстановка на Ленинградской АЭС удовлетворяет всем требованиям радиационной безопасности. Применение в уплотнительных узлах жидкометаллических сальников, цилиндрических многослойных прокладок существенно улучшило условия эксплуатации. Сбросы радиоактивных веществ во внешнюю среду значительно ниже установленных санитарными нормами.

Проведение завершающих монтажных и пусконаладочных работ на втором блоке при действующем первом блоке определило ряд особенностей, которые потребовали изменения проектных решений.

Основной реконструкции подверглись системы, общие для первого и второго блоков. Проектная производительность (110 $м^3$/ч) установки для приготовления обессоленной воды в результате проведенной реконструкции была доведена до 250 $м^3$/ч, что позволило сократить в 3 раза сроки проведения водных, кислотных и пусконаладочных работ на втором, третьем и четвертом блоках. Достигнутая производительность является минимальной необходимой для обеспечения пусконаладочных работ на блоках и условиях работающей АЭС.

Реализованное разделение систем по блокам с ликвидацией связей между основными и вспомогательными контурами позволило проводить монтажные работы на втором блоке без остановки первого и обеспечило независимость работы блоков друг от друга, что существенно повысило надежность и устойчивость работы станции. Таким образом, в процессе наладки и пуска второго блока выработаны основные проектные решения,

реализация которых на стадии рабочего проектирования следующих станций позволяет осуществлять строительство, наладку и пуск последующих блоков и в условиях действия предыдущих.

Одной из проблем являются массовые ремонтные работы на водяных коммуникациях под реактором. Эти работы должны проводиться таким образом, чтобы исключалась возможность обезвоживания активной зоны. Отработанная технология ремонта под реактором для следующих станций предусматривается в их проектах.

Основные итоги проделанной работы на головной атомной электростанции, какой является Ленинградская АЭС имени В. И. Ленина, можно сформулировать следующим образом:

1. В результате напряженного творческого труда персонала станции, представителей научных и проектно-конструкторских организаций, заводов-изготовителей в рекордно короткий срок освоена мощнейшая АЭС — первенец нового направления в атомной энергетике.

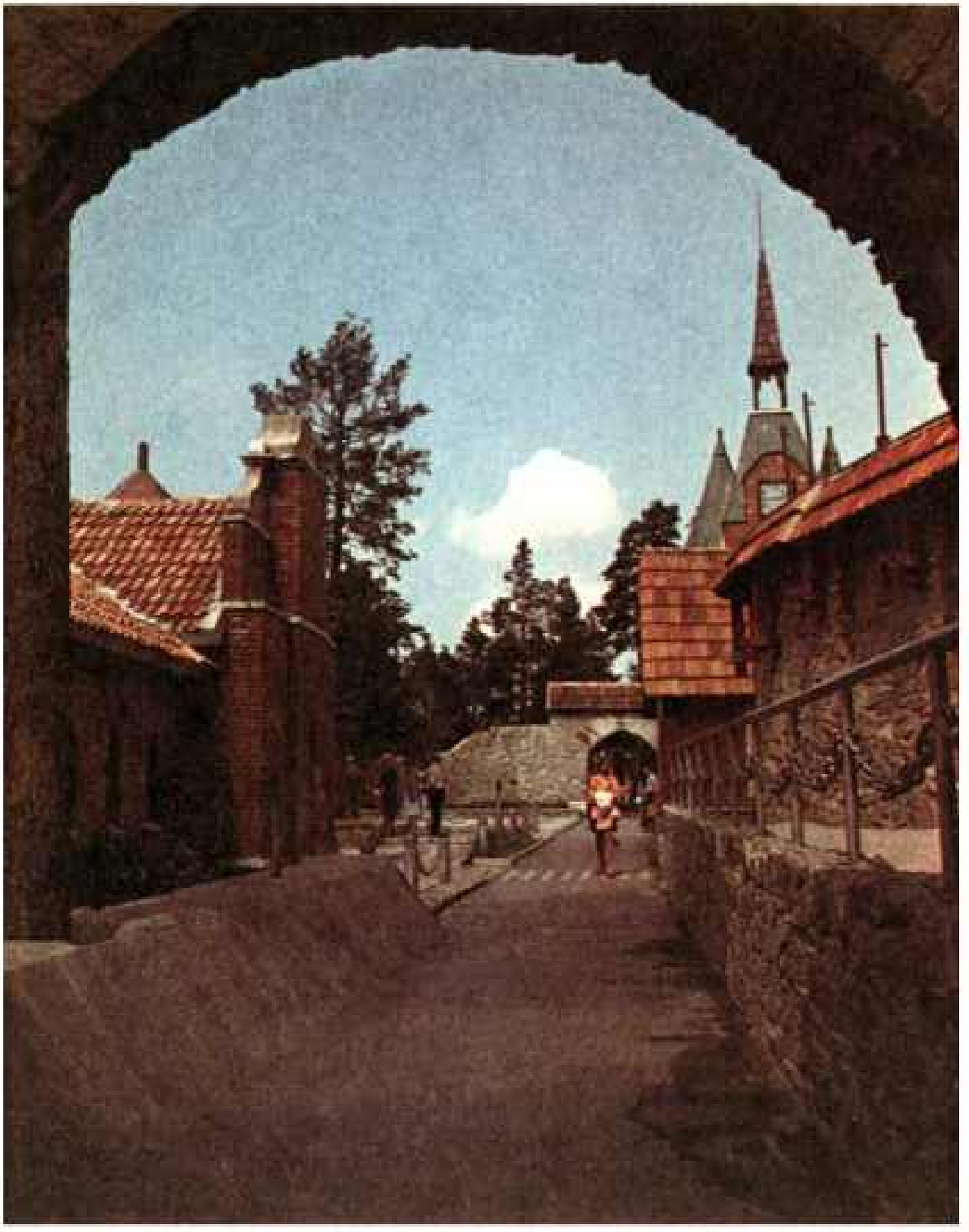
2. В процессе пуска было выявлено и изучено много новых и специфических для подобных АЭС явлений и творчески решено большое число проблем, возникших при освоении столь сложного, уникального объекта.

3. Усовершенствования проектно-конструкторских решений в ходе пуска и освоения, опыт эксплуатации и выводы из анализа режимов работы АЭС, результаты исследований разных систем АЭС, общая последовательность энергопуска и освоения мощности представляют большую практическую и научную ценность для дальнейшего совершенствования АЭС — повышения их надежности, безопасности, экономичности.

4. Опыт пуска и освоения Ленинградской АЭС явился школой для ученых, проектантов, конструкторов и эксплуатационного персонала АЭС этого нового типа. В 1982 г., уже на втором году после пуска последнего, четвертого, блока стации, Ленинградская АЭС достигла годовой проектной выработки электроэнергии 28 млд. кВт · ч, и в этом ей в настоящий момент нет равной на континенте. Факт успешного пуска и работы Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина является решающим доказательством работоспособности и надежности подобных АЭС и подтверждает правильность указанного директивами нашей партии курса на быстрое развитие атомной энергетики.

Этот раздел книги хотелось бы закончить словами председателя Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР А. М. Петросьянца: «Были, конечно, и срывы. Были и поражения и технические тупики. Но все это преодолено. Победа пришла полная... Это имеет особенно важное значение именно теперь, в период научно-технической революции, в период вовлечения большой группы людей в такую отрасль промышленности, как атомная энергетика» (Петросьянц А. М. Современные проблемы атомной науки и техники в СССР. М., 1976.)

5 СРЕДИ СОСЕН И ДЮН



Уголок «Андерсенграда»

Творческие усилия и инициатива передовых ученых и инженеров нашей страны, воплотившиеся в уникальном, построенном по последнему слову науки и техники электрическом гиганте, нашли свое отражение и во вдохновенном труде зодчих, создавших рядом с АЭС прекрасный молодой город энергетиков — Сосновый Бор.

Для современного периода характерны огромные масштабы градостроительных работ при все возрастающих требованиях к их качеству и комплексности.

Все более характерными чертами, определяющими полноценность и оптимальность городской среды нового города периода развитого социализма в нашей стране, становятся такие, как:

архитектурно-пространственная целостность городской застройки, целенаправленное, пропорциональное и взаимосвязанное развитие всех ее структурных элементов и частей — промышленных предприятий, жилья, систем культурно-бытового обслуживания, инженерно-технических средств и магистралей, транспортных средств, природной среды, озеленения, внешнего благоустройства и малых архитектурных форм, художественного оформления и др.;

гармоничное сочетание жилой городской и природной среды путем разумного учета природно-климатических условий территории, предназначенной для строительства;

высокое архитектурно-художественное качество городской жилой среды на основе применения различных композиционных приемов, совершенствования зданий и сооружений, целесообразного использования природного ландшафта, озеленения, благоустройства, фактуры и цвета местного строительного материала, архитектурно-художественных традиций, различных видов искусства — живописи, скульптуры, декоративно-прикладного искусства, городского дизайна и т. д.

Панорама города

Совокупность этих задач решается градостроительными и архитектурно-строительными средствами в процессе проектирования и комплексной реализации проектных решений. Но вместе с тем необходима координация в использовании материальных и трудовых ресурсов на основе комплексных планов экономического и социального развития города.

В создании и развитии новых, социалистических городов особо зримо отображаются масштабы и возможности планомерного воздействия социалистического государства на социально-экономические, культурно-просветительные и экологические процессы.

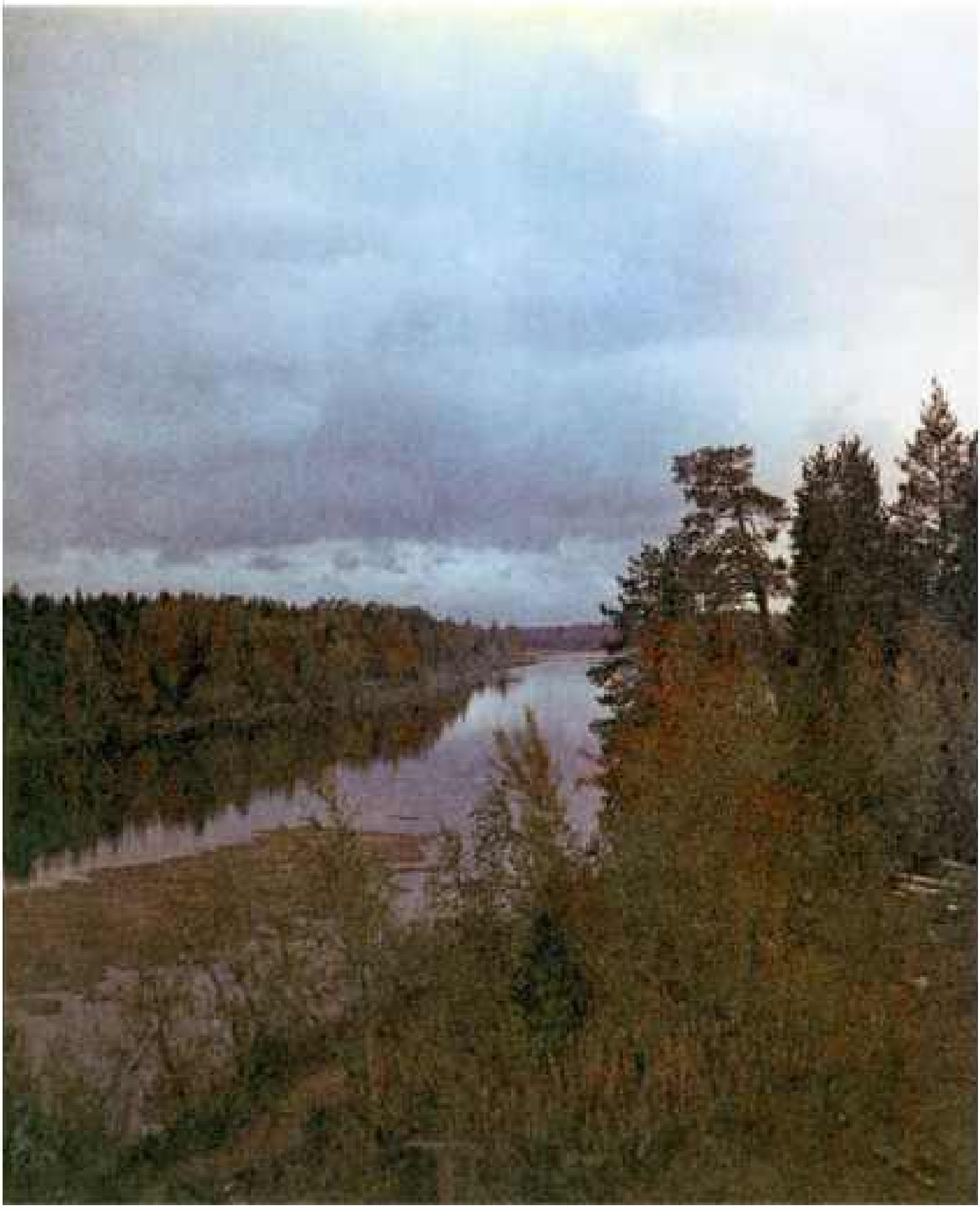
С учетом всех этих принципов одновременно с сооружением станции для ее работников, строителей, монтажников и их семей на песчаном берегу Копорского залива, в живописных излучинах реки Коваш, в окружении прекрасного хвойного леса построен новый город, один из самых молодых и красивых городов Российской Федерации — Сосновый Бор.

Первые упоминания о здешних местах мы находим в древнейшей новгородской летописи «Устав о мостах», приписываемой Ярославу Мудрому. Земля, на которой стоит Сосновый Бор, называлась тогда *водской* по имени народа *водь* (или вожане), населявшего ее и входившего наряду с другими племенами (словене и кривичи, ижора и чудь, еми и летьгола) в древнее Новгородское княжество. Позднее летописи называли эту землю *Водской пятиной*, иначе говоря, пятой частью Новгородских владений.

К западу от Ленинградской АЭС находится крепость Копорье, которая упоминается в летописи, датированной 1338 годом.

К востоку стоят исторические форты Серая Лошадь и Красная Горка. Там, где сейчас раскинулись проспекты и улицы Соснового Бора, где возвышаются корпуса первой и второй очереди Ленинградской АЭС, в годы Великой Отечественной войны земля была изрыта траншеями и ходами сообщений. А по реке Воронке проходил передний край обороны героического Ораниенбаумского «пятачка».

Река Коваш. Переводится это слово с водского как «крепкая». Там, в верховье, где сливаются речки Черная и Рудица, образуя Коваш, почти три века назад работала мозаичная фабрика гения русской науки Михаила Васильевича Ломоносова. Там же, при фабрике, была его лаборатория. Первая в России.



Рядом с городом (а, б, в) а

б

в

А здесь, близ устья Коваша, раскинулись кварталы Соснового Бора и флагмана атомной энергетики — Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина. Там — начало отечественной науки и техники. Здесь — ее сегодняшний день. (Этот материал собрал и представил член Союза журналистов СССР В. П. Того.)

Город Сосновый Бор расположен в западной части Ленинградской области на берегу Финского залива. Замечательные памятники русской национальной культуры — дворцово-парковые ансамбли пригородов Ленинграда — Петродворца и Ломоносова, расположенные на пути из Ленинграда в Сосновый Бор, всегда были и остаются постоянным источником вдохновения для создателей Соснового Бора. Но решающим оказался, несомненно, опыт, накопленный коллективом инженеров и архитекторов при проектировании и строительстве таких городов, как Новосибирский Академгородок, Шевченко, Навои. Эти города и город Сосновый Бор, воплотивший в себе труд и талант ленинградских архитекторов, художников, строителей, стали заметным явлением в советском градостроительстве наших дней.

Примечательно, что соседствуют и развиваются рядом, практически на одной территории, ядерная энергетика, ставшая символом достижений науки и техники наших дней, и полноценная, комфортная жилая среда, отвечающая не только физи-

б

в

А здесь, близ устья Коваша, раскинулись кварталы Соснового Бора и флагмана атомной энергетики — Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина. Там — начало отечественной науки и техники. Здесь — ее сегодняшний день. (Этот материал собрал и представил член Союза журналистов СССР В. П. Того.)

Город Сосновый Бор расположен в западной части Ленинградской области на берегу Финского залива. Замечательные памятники русской национальной культуры — дворцово-парковые ансамбли пригородов Ленинграда — Петродворца и Ломоносова, расположенные на пути из Ленинграда в Сосновый Бор, всегда были и остаются постоянным источником вдохновения для создателей Соснового Бора. Но решающим оказался, несомненно, опыт, накопленный коллективом инженеров и архитекторов при проектировании и строительстве таких городов, как Новосибирский Академгородок, Шевченко, Навои. Эти города и город Сосновый Бор, воплотивший в себе труд и талант ленинградских архитекторов, художников, строителей, стали заметным явлением в советском градостроительстве наших дней.

Примечательно, что соседствуют и развиваются рядом, практически на одной территории, ядерная энергетика, ставшая символом достижений науки и техники наших дней, и полноценная, комфортная жилая среда, отвечающая не только физи-

б

время самыми значительными промышленными предприятиями поселка были рыбоконсервный завод и завод металлоконструкций. По мере возникновения новых промышленных предприятий и роста численности населения поселка потребовалось определить основные направления его развития, которые и были заложены в проект планировки. В проекте определена численность населения поселка на 1973 год — 12 тысяч, на 1980 год — 20 тысяч и на 1984 год — свыше 50 тысяч человек.

Как видно из этих кратких данных о городе, развитие Соснового Бора характеризуется довольно высоким ростом численности населения.

На выбор планировочной структуры активное влияние оказали море, река и дюнный характер местности с крупными массивами хвойного леса.

в

Участки соснового леса, включенные в структуру города в ряде микрорайонов, настолько значительны, что создают жителям самые благоприятные условия для отдыха в любое время года.

Уникальными в городе можно считать территории «белых песков» с прекрасным дюнным рельефом и лесопарка на берегу Финского залива, а также многие примечательные ландшафтные участки и лесные массивы во втором и третьем микрорайонах. Без них невозможно представить город Сосновый Бор, где индивидуальность и своеобразие архитектурно-художественного облика города во многом достигнуты благодаря творческому использованию природных особенностей района строительства.

Жилая зона, состоящая из нескольких микрорайонов, занимает центральную, возвышенную часть территории, богатую зеленью и поэтому наиболее благоприятную для проживания.

Городская зона отдыха со спортивным центром и пляжем расположена вдоль берегов реки и у залива.

Жилая застройка осуществляется 5, 9, 12 и 14-этажными типовыми домами с высокой степенью бытового комфорта.

На наиболее ответственных в градостроительном отношении, формирующих облик города участках строились жилые дома точечного типа.

Все это позволило получить не только экономичное решение, но и выявить индивидуальный архитектурно-художественный облик застройки с характерным запоминающимся силуэтом.

Непосредственно среди домов созданы альпинарии с ковровыми цветами и цветущими кустарниками (сирень, жимолость, жасмин, форзиция и др.) и «русские горки», где среди живописно расположенных валунов выполнены посадки берез, молодых осинок, а заросли цветов кипрея и ромашки, характерные для северного пейзажа, придают всей композиции красочность и жизнерадостность.

Северный русский пейзаж подчеркнут в деталях благоустройства и в малых архитектурных формах. Вместо стандарт-

2

ных металлических ограждений территории детских садов и школ здесь широко применяются ограждения из бревен и брусьев, по характеру рисунка напоминающие деревенские изгороди. Тактичное «модернизированное» включение элементов сельского пейзажа в застройку современного города придало ему живописность, мягкость и уют.

Близость природного окружения к каждому дому расширяет жизненное пространство, делает общение городского жителя с природой ежедневным, а не эпизодическим.

Масштабность элементов благоустройства и планировки жилых массивов, активное включение существующего и искусственного ландшафта, детские игровые комплексы, живописные пространственные пешеходные дорожки, бульвары с декоративными фонтанами и бассейнами, подпорные стенки из камня придают городу Сосновый Бор неповторимый облик и индивидуальность.

Удачно вписан в естественный дюнный ландшафт игровой детский комплекс «Крепость». Детский сказочный городок — крепость, построенная из дерева и камня на естественном холме,

е

с деревянными и каменными башенками, бревенчатыми стенами и бастионами, с декоративным бассейном и искусно встроенным в крепостную стену тобогганом,— придает застройке своеобразный, индивидуальный характер. Видно, что здесь работали люди увлеченные. Это место сразу завоевало популярность среди юного населения города и получило у них название «Малая Копорская крепость».

Ярким примером того, что игровой комплекс может быть не только местом развлечений, но и средством эстетического воспитания подрастающего поколения, служит сказочный город «Андерсенград», строительство которого началось в 1975 году, объявленном ЮНЕСКО Международным годом Андерсена.

«Андерсенград» — не прямая иллюстрация к сказкам, а гармоничная архитектурная композиция из сказочных мотивов.

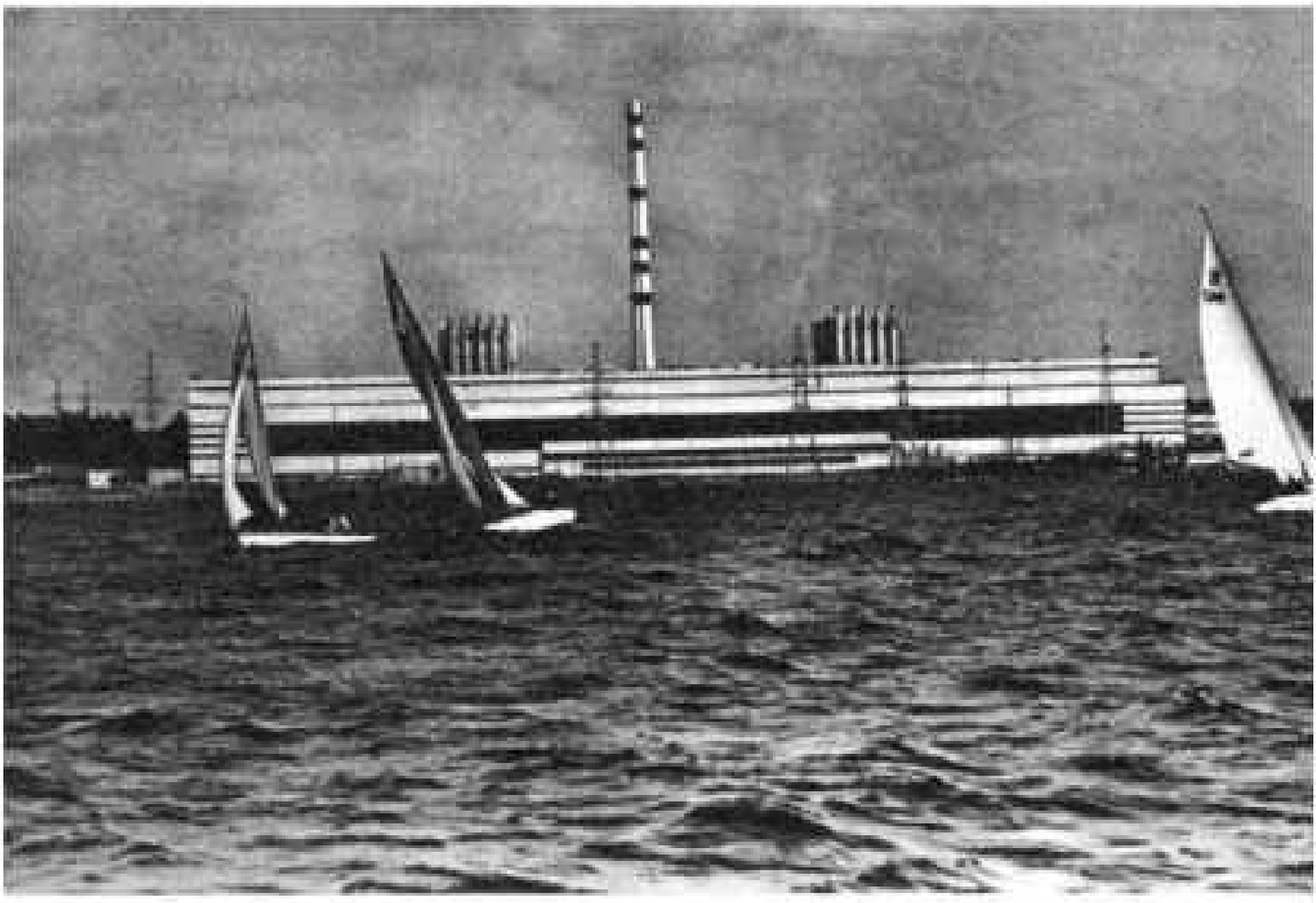
По замыслу авторов, «Андерсенград» имитирует средневековый город с его ратушной площадью, башнями, узкими улочками. Здесь все из любимых сказок детства. Над всем этим, на холме, возвышаются стены с черепичными кровлями, башенки с флюгерами — средневековый замок, в котором открыто четы-

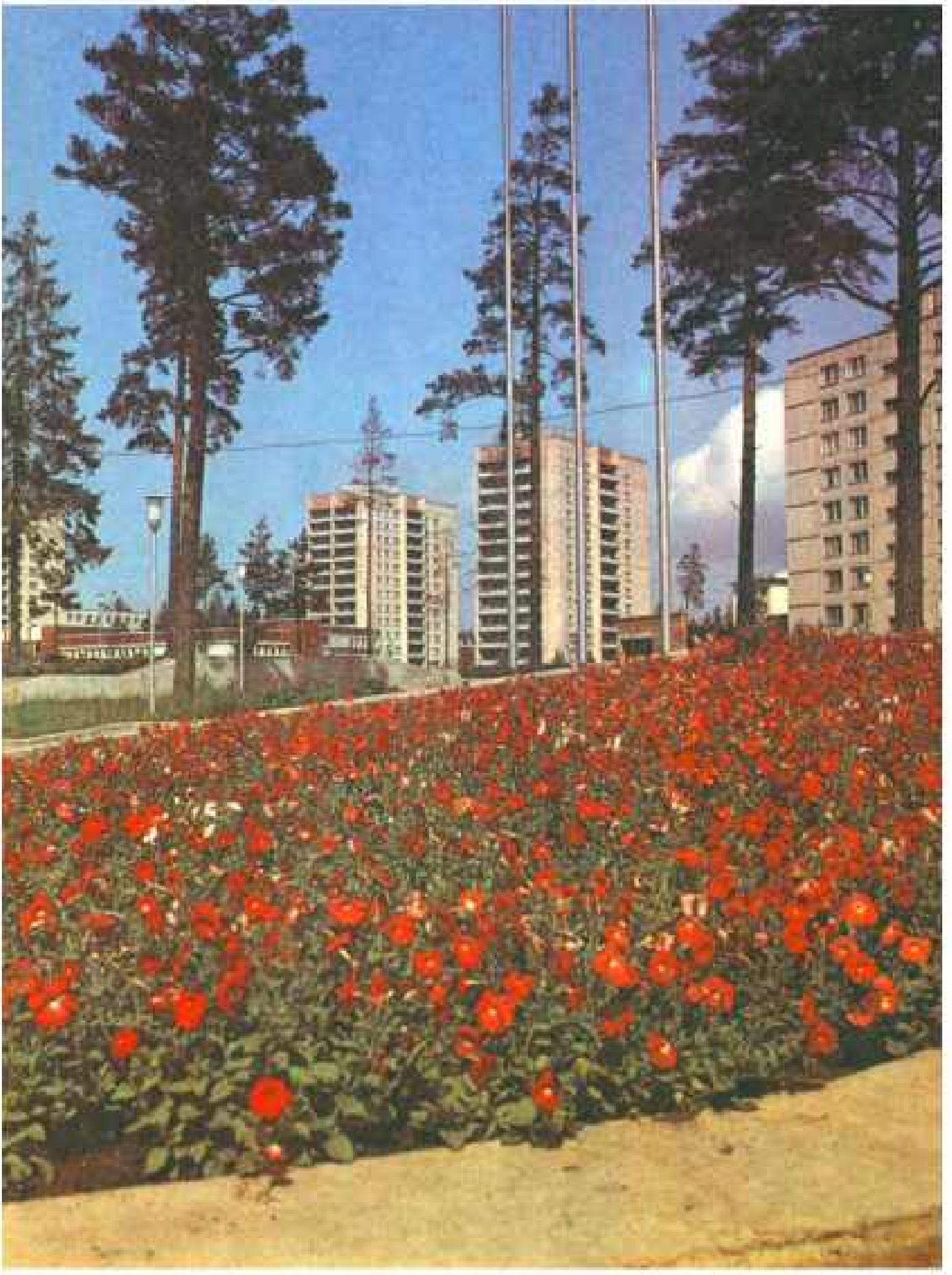
рехзальное кафе «Белоснежка и семь гномов» с каминным и гобеленовым залами, с цветными витражами. Есть в городе и площадь с ратушей, и летний театр «Дюймовочка», где размещается более 250 зрителей, и домик Оле-Лукойе, и торговые ряды «Три брата». Башню ратуши украшает флюгер с изображением солнца, на других башенках — флюгера с изображением зверей, птиц, сказочных персонажей. Через весь средневековый город проходит трасса детской автомобильной дороги. Автотрасса оборудована дорожными знаками и указателями, проходит через тоннель, имеет прокатный павильон, учебную площадку ГАИ.

В вечернее время доносится мелодичный перезвон колокольчиков с ратушной башни, на улицах и площадях городка зажигаются декоративные фонари.

Кустарники роз, жасмина и сирени, деревья, многочисленные цветники превосходно дополняют существующие зеленые массивы в сказочном городке.

«Андерсенград» стал любимым местом времяпрепровождения детворы и взрослого населения Соснового Бора. Здесь





Буйство зелени, море цветов (а, б, в, г, д) а

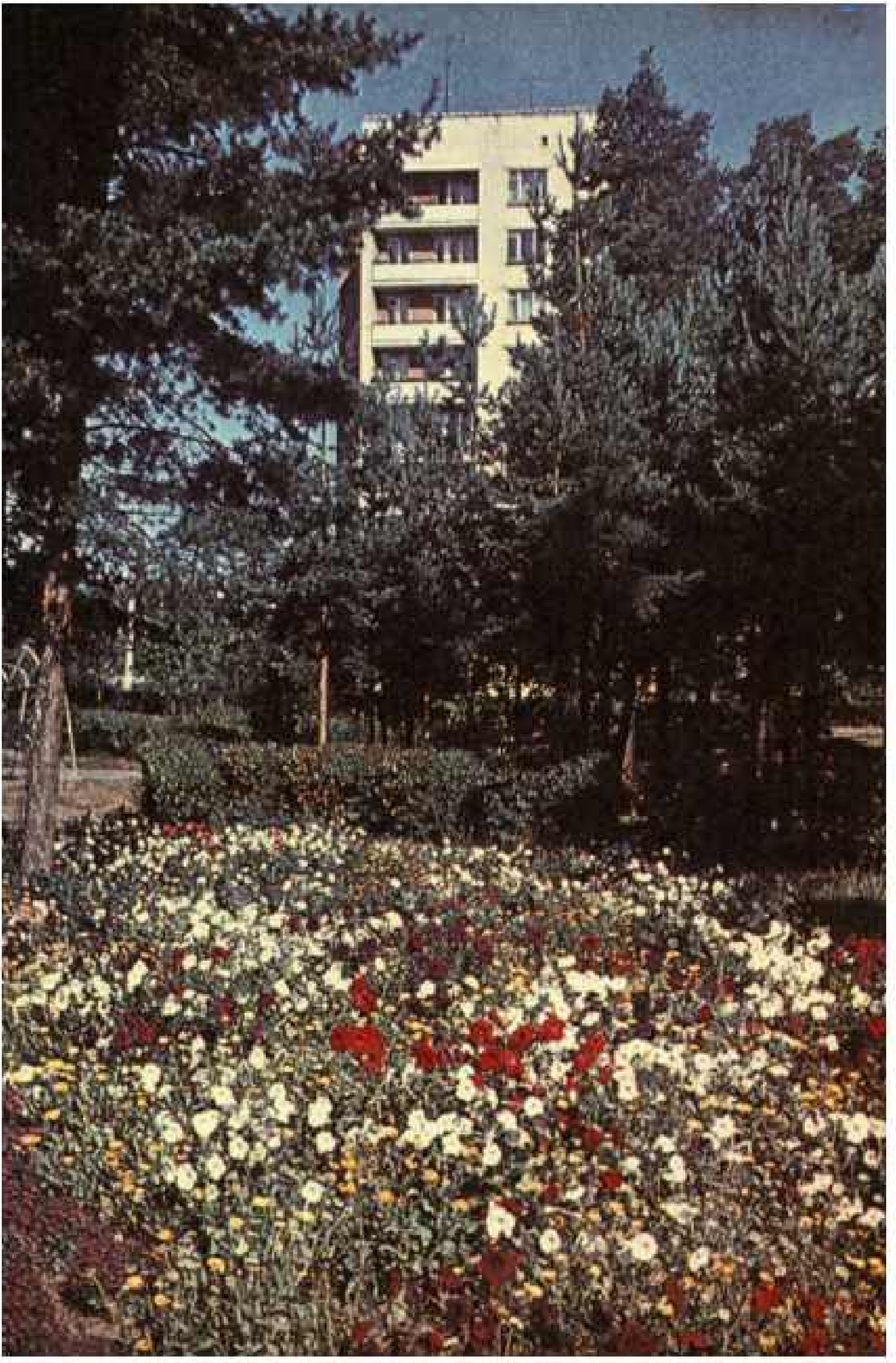
проводятся детские праздники, торжественные церемонии, концерты и музыкальные фестивали.

«Самая лучшая сказка та, которую создает сама жизнь», — сказал когда-то великий сказочник Андерсен. Лучшим подтверждением этих слов является сказочный детский городок.

Открытие «Андерсенграда» вылилось в настоящий праздник и для юного поколения и для взрослых. И этот праздник не прекращается. Архитекторам и строителям «Андерсенграда» удалось воплотить мечту детворы, заронить в душу чувство прекрасного, эстетически совершенного и гармоничного.

С большой любовью и вниманием благоустроены участки при детских садах-яслях во втором, третьем и восьмом микро-

б



районах города, причем необходимо отметить, что для каждого из жилых образований, для каждого детского сада, школы специально разработан свой, единственный в своем роде игровой комплекс, выполненный с использованием градостроительной ситуации, рельефа участка строительства.

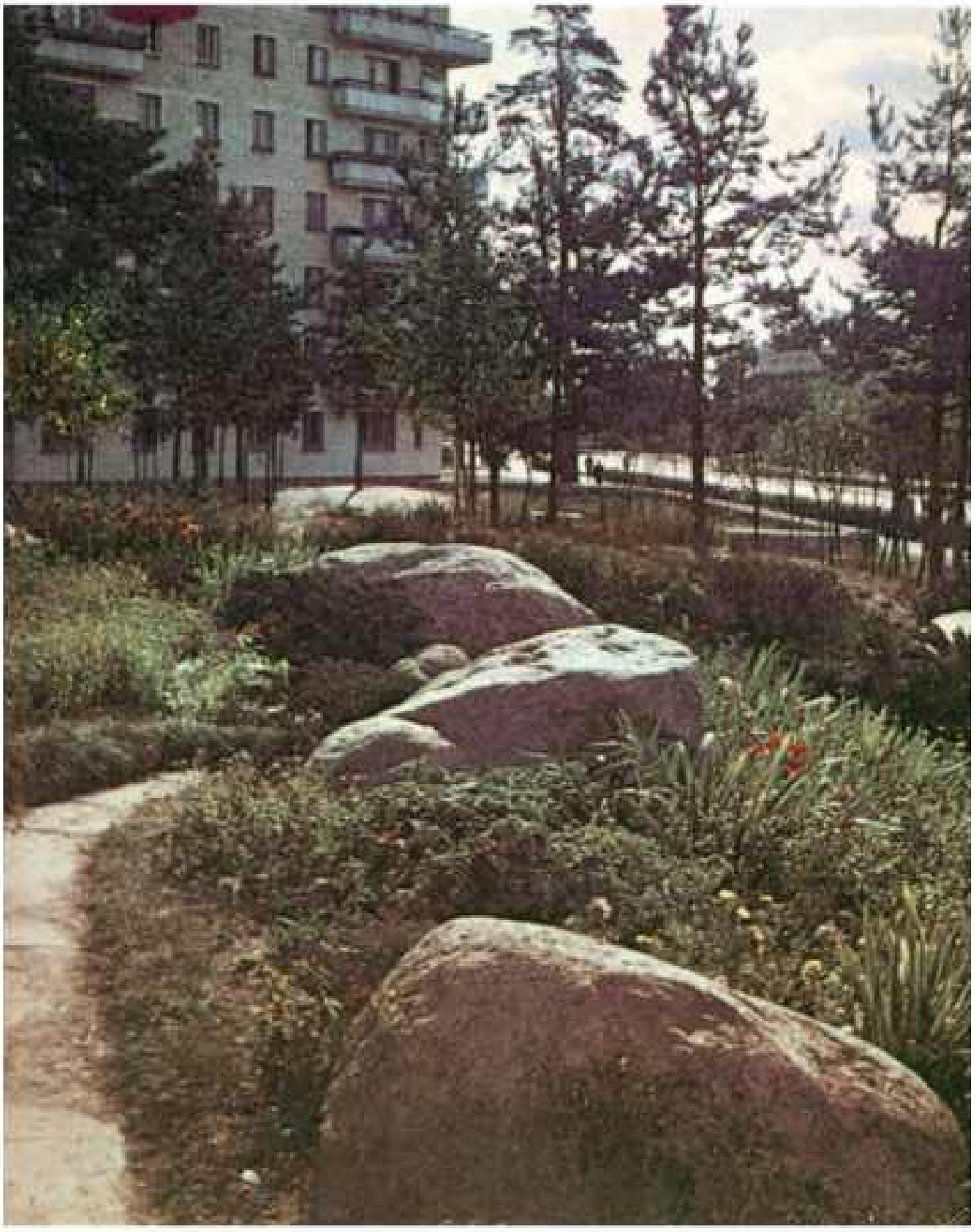
Вместе с тем в общей системе благоустройства и в отдельных его элементах несомненны черты стилевого единства, придающие жилой предметной среде целостность и эстетическую завершенность.

Автобусные остановки, скамейки, дисциплинирующие ограждения у переходов улиц, информационные и рекламные стенды гармонично вошли в единую систему озеленения и благоустройства, отвечают эстетическим и функциональным требованиям.

Цветовое решение элементов дизайна удачно сочетается с зелеными массивами хвойного леса и песчаными дюнами, подчеркивая единство природного и рукотворного.

Строительство Ленинградской атомной электростанции и других предприятий в городе Сосновый Бор вызвало бурный

д



А это — «русские горки» (а, б, в)

б

рост жилищного, социально-культурного и бытового строительства.

Создание сложного комплекса городских объектов, естественно, потребовало разработки и внедрения методов комплексной застройки.

На строительстве был создан и активно работал совет директоров строящихся предприятий, в работе которого принимал участие поселковый исполнительный комитет. Совет рассматривал и определял принципиальные и перспективные направления в развитии комплексной застройки города. Был выработан единый стиль, единый почерк строительства и созданы возможности творческого сотрудничества строителей и проектировщиков при выборе и определении наиболее удачных решений в архитектурном и эстетическом оформлении современного города, исключающем смешение стилей при реализации замыслов архитекторов.

На комплексной застройке микрорайонов при высоком качестве выполнения строительных работ несомненно сказалось то, что в Сосновом Бору, как и в большинстве городов при предпри-

ятиях атомной энергетики, применена система единого генерального заказчика по городу, генерального проектировщика и генерального подрядчика.

Комплексное решение жилой среды Соснового Бора является результатом совместной работы архитекторов, художников-дизайнеров, дендрологов и других специалистов — единого авторского коллектива — на всех стадиях проектирования и строительства, от генерального плана, проектов детальной планировки и застройки до проектов озеленения, благоустройства и художественного оформления.

Большое значение для качественного осуществления застройки имеет систематическое ведение авторского надзора. Здесь в течение многих лет комплексная бригада проектировщиков постоянно осуществляет контроль за внедрением проектных решений и качеством строительства, оказывает техническую помощь заказчику и подрядчику, оперативно решая возникающие в ходе строительства задачи.

Полная реализация плана комплексной застройки микрорайонов со всеми элементами благоустройства и озеленения

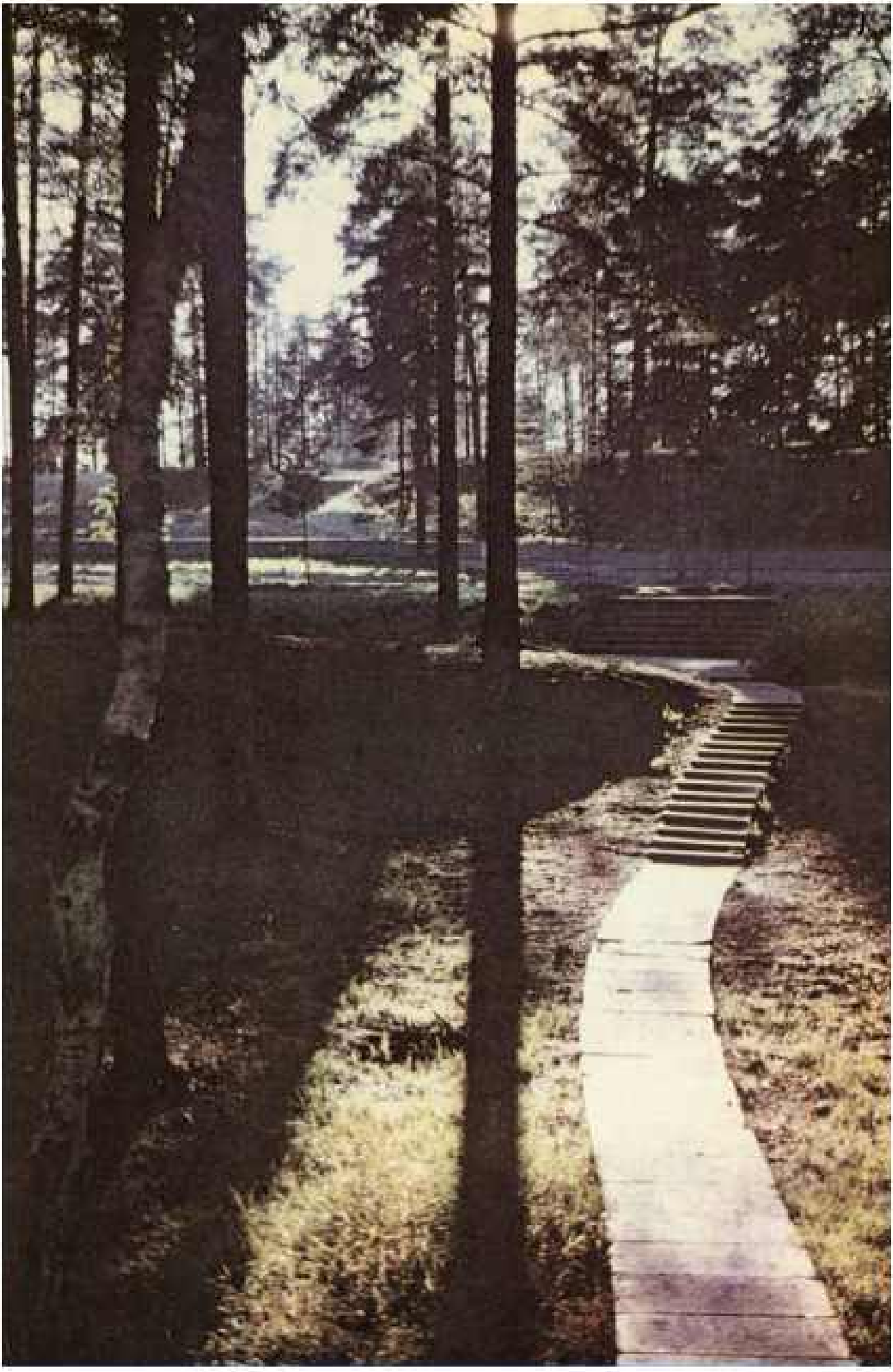
позволила выдвинуть труд их создателей на соискание Государственной премии РСФСР в области архитектуры, которая и была присуждена в 1970 г.

В мае 1973 г. поселок Сосновый Бор преобразуется в город областного подчинения. Этому, конечно, главным образом способствовал рост населения на основе создания промышленных предприятий. С этого момента начинается следующий этап в строительстве города. При городском исполнительном комитете создается координационный совет по делам строительства, который рассматривает и готовит к утверждению структуру городского строительства и общегородских инженерных сооружений на каждый планируемый год и осуществляет контроль за ходом работ и вводом объектов в эксплуатацию.

В городе построено 600 тысяч квадратных метров жилой площади, 15 детских комбинатов на 2620 детей, 17 магазинов, столовая-ресторан, 4 кафе, 5 микрорайонных торговых центров, 5 средних школ, СГПТУ на 800 учащихся, зрелищно-спортивный комплекс — дворец культуры «Строитель», трехзальный спортивный корпус, широкоэкранный кинотеатр на 600 мест,

а

Для вас, пешеходы! (а, б, в, г) б →



в

больничный городок с больницей на 500 коек, поликлиникой на 1200 посещений, детской больницей и родильным домом на 100 коек. Построены также прачечная, комбинат бытового обслуживания, Дом связи с АТС на 4000 номеров, хлебозавод, база отдела рабочего снабжения и целый ряд других объектов.

Городской общественный центр формируется комплексом общественных и торговых зданий по Ленинградскому шоссе и Солнечной улице, что в сочетании с учреждениями, размещенными в микрорайонах, позволит создать полноценную и хорошо налаженную систему культурно-бытового обслуживания населения.

Сосновый Бор — город, где внедрены и продолжают внедряться прогрессивные принципы градостроительства, где на практике проверяется все новое и передовое, лучшее в строи-

г

тельстве,— является своеобразной школой для проектировщиков и строителей других городов страны.

Ленинградская атомная электростанция дала жизненный импульс Сосновому Бору, придала его развитию современный ритм.

Несмотря на молодость Соснового Бора, вклад города в общие достижения страны получил высокую оценку: за высокие результаты во Всесоюзном социалистическом соревновании за повышение эффективности производства и качества работы, успешное выполнение плана экономического и социального развития на 1980 год и десятую пятилетку город Сосновый Бор награжден переходящим Красным знаменем ЦК КПСС, Совета Министров СССР и ЦК ВЛКСМ.

19 апреля 1983 года нашему городу исполнилось 10 лет.

Город Сосновый Бор — город молодежи. Средний возраст

жителя 27 лет. Город занимает одно из первых мест в Российской Федерации по рождаемости.

80 % работающих — люди с высшим и средним образованием.

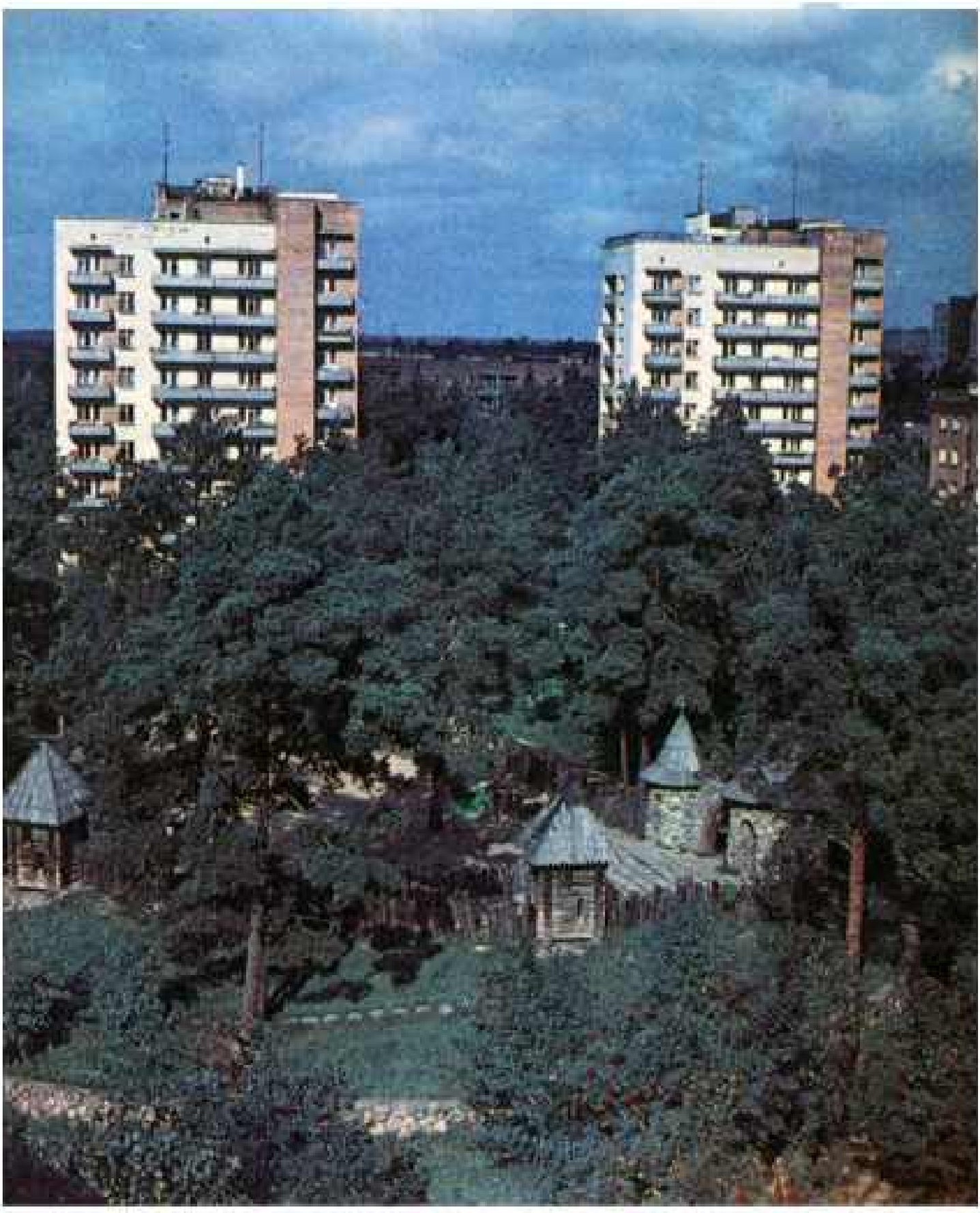
Коротка биография Соснового Бора, но город продолжает расти, появляются новые кварталы жилых домов, развиваются новые отрасли промышленности.

За десять лет, с 1973 по 1983 год, объем промышленного производства в городе увеличился в 39 раз.

За эти годы построена крупнейшая в нашей стране Ленинградская АЭС имени В. И. Ленина, дающая в настоящее время около 60 % электроэнергии, вырабатываемой во всей Ленинградской области.

Дальнейшее развитие получили рыбообрабатывающая и пищевая промышленность. Производство рыбных консервов увеличилось в 1,5 раза, рыбной продукции в целом — в 1,7 раза.

С 1974 г. Сосновый Бор с Ленинградом связывает электрифицированная железная дорога.



Родная история — с интересом, с увлечением! Один шаг — и мы в старинной русской крепости (а, б, в, г, д, е)

а

б

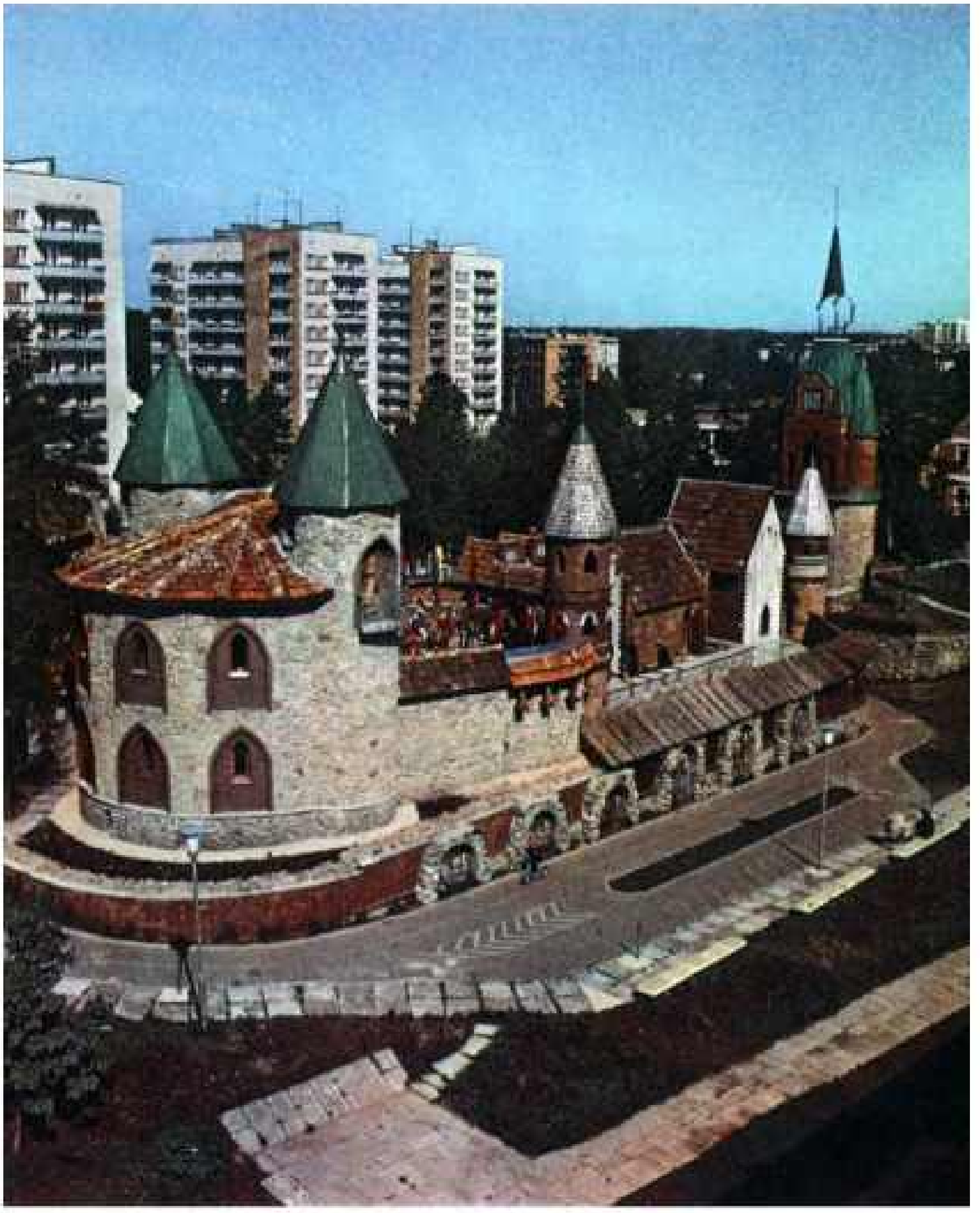
в

е

За годы десятой пятилетки налажена междугородная телефонная связь, трехпрограммное радиовещание. За 10 лет объем бытовых услуг возрос в 8 раз, а товарооборот — в 2,5 раза.

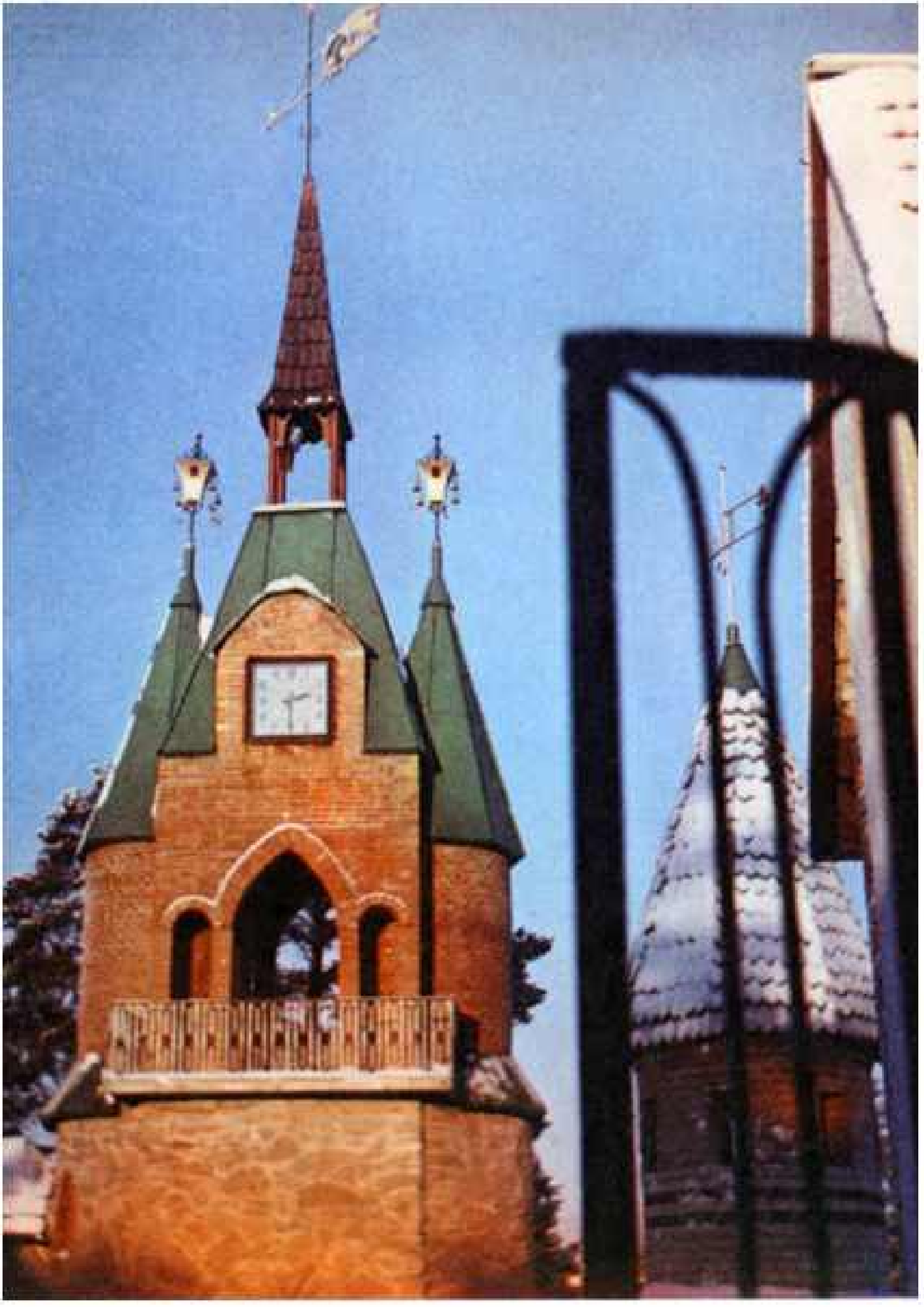
Достижения последних десяти лет во многом определяются успехами минувшей пятилетки, когда вся деятельность партийных, профсоюзных и комсомольских организаций, советских и хозяйственных органов была подчинена реализации первого комплексного плана экономического и социального развития города Сосновый Бор.

Вся социально-экономическая программа развития Соснового Бора, как и любого другого города в стране, проникнута заботой о человеке, о том, чтобы улучшились его быт, материальная обеспеченность и все более содержательной становилась духовная жизнь.

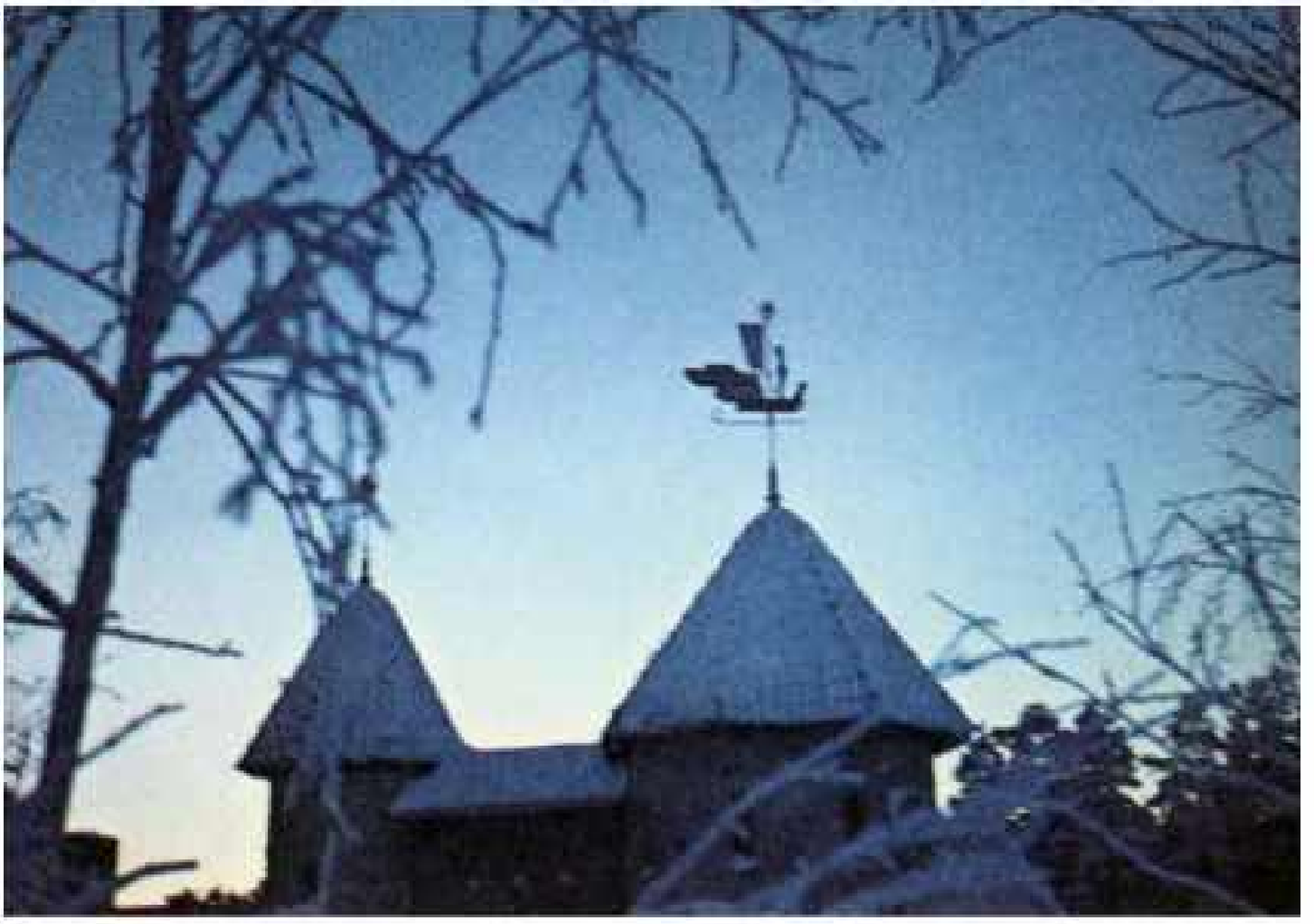


Здесь оживают любимые сказки и рождаются новые. «Андерсенград» (а, б, в, г, д, е)

а

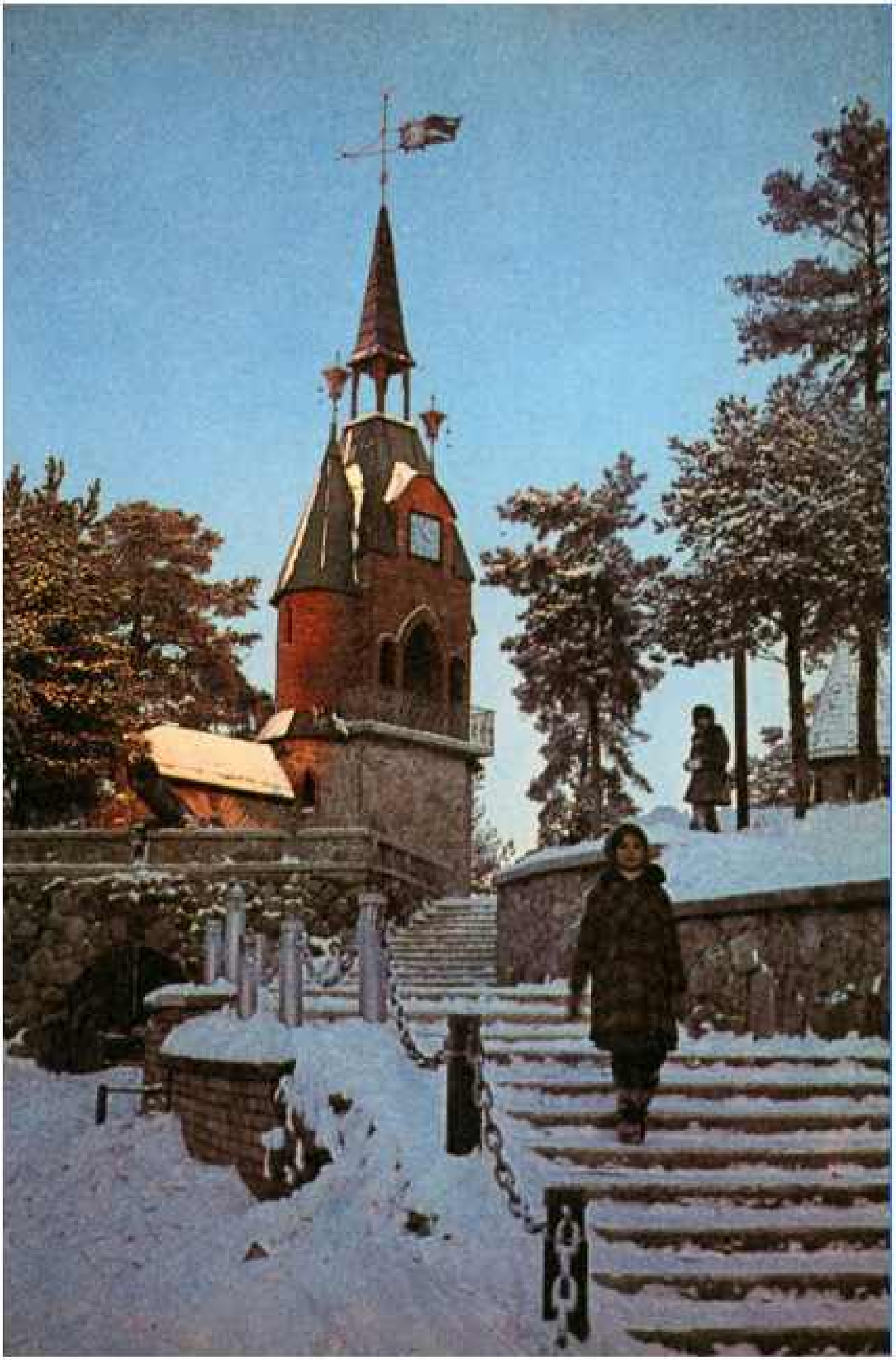


б



6

2



Здесь всегда праздник! (а, б, в, г)

а

б

6

г

а

б

ГОРДИМСЯ!
ВОСХИЩАЕМСЯ!
ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Ленинградская АЭС встречает гостей

Эти полные эмоционального накала слова звучали и продолжают звучать в адрес создателей Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина и молодого города энергетиков — Соснового Бора.

Гордятся — нашей советской наукой, укротившей энергию атома, заставившей его служить миру, человечеству.

Восхищаются — торжеством технической мысли, оригинальными проектными решениями, трудом советских людей.

Поздравляют — с освоением четырех блоков-миллионников станции, с ее безаварийной эксплуатацией.

Да, наверное, потому и прекрасна наша станция, вызывает восторги и удивление город, что каждый создатель вложил в них частицу своей души.

Мы испытываем особую радость, восхищение и гордость, созерцая прекрасные творения наших предков: будь то стройные башни замков и дворцов, замысловатые формы монастырей, динамичные фигуры скульптур, барельефов, великолепные живописные полотна и многое другое. С неменьшим волнением рассматриваем мельницы XVII века, простершие свои крылья над новгородскими или суздальскими землями, мудреные механизмы Нартова, Кулибина, Ползунова, ажурные конструкции Шухова, Патона. Многовековая народная мудрость наиболее выдающиеся инженерные сооружения самого различного функционального назначения относила к чудесам света: пирамиды, Галикарнасский мавзолей, Колосс Родосский, Александрийский маяк, храм Артемиды Эфесской, статую Зевса Олимпийского и висячие сады Семирамиды. Называют чудом Эйфелеву башню, мост Золотые ворота и многие другие великолепные сооружения, которые по своему эмоциональному и эстетическому воздействию граничат с произведениями искусства.

Технические творения наших дней, возникновению которых

мы сопричастны, рожденные в спорах, выстраданные в душе, созданные героическим трудом, кажутся нам обычным явлением в каждодневном потоке событий, но, несомненно, Ленинградскую АЭС необходимо отнести к техническому чуду современности.

Грандиозна и прекрасна Ленинградская АЭС, гармонично сочетающая в себе последние достижения науки и техники и самоотверженный труд советских людей.

Одухотворенная строгость светлых корпусов станции, сдерживающих в бетоне, железе, алюминии неукротимую энергию атома, невольно заставляет задуматься о нелегком пути, прошедшем нашей страной от первых ленинских идей электрификации до сегодняшней единой энергосистемы страны — безбрежного энергетического океана. Разве могла наша Родина 60 лет назад мечтать о том, что сегодня суточная выработка электроэнергии в стране составит 4 млрд. кВт • ч, а одна, крупнейшая в Европе Ленинградская атомная электростанция имени В. И. Ленина за 10 лет эксплуатации выработает более 150 млрд. кВт • ч электроэнергии? Впечатляющие цифры!

Поэтому всем создателям станции особенно дорога оценка их труда старыми большевиками города Ленина, побывавшими на строительстве.

«Увиденное и услышанное нами здесь поражает грандиозностью размаха, энтузиазмом строителей, большой, чуткой заботой о детях, о молодежи, которой здесь суждено жить, расти, работать, учиться и строить коммунизм по заветам великого Ленина. Спасибо вам за ваши трудовые подвиги, за трудовые достижения, за освоение новых ресурсов энергетики, используемых на благо нашей Родины!»

Строительство, освоение и надежная работа блоков Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина привлекли внимание специалистов в области атомной энергетики из зарубежных стран. Так, за время строительства и эксплуатации станцию посетило несколько десятков иностранных делегаций. Среди них делегации стран с высоким уровнем развития атомной энергетики: США, Англии, Канады, Японии, Финляндии и др.

Основными вопросами, интересующими специалистов при посещении станции, являются вопросы экономичности и охраны окружающей среды, которым на Ленинградской АЭС уделяется самое пристальное внимание. Не раз становились предметом

дискуссий вопросы освоения реакторов канального типа; на этих встречах происходил постоянный обмен полезной информацией.

Атом, который заставил вздрогнуть человечество в августе 1945 года, здесь, на пропитанной кровью Ленинградской земле, выполняет свою новую миссию, высокую и гуманную,— он стал источником света и тепла в прямом и переносном смысле, своеобразным оплотом дружбы и взаимопонимания народов многих стран.

Первой иностранной делегацией была делегация США во главе с председателем Комиссии по атомной энергии профессором Г. Сиборгом. Это было 7 августа 1971 г., когда шли строительно-монтажные работы на первом блоке Ленинградской АЭС.

«Мои коллеги и я удостоены чести быть первыми иностранными гостями Ленинградской АЭС. Мы получили огромное удовольствие от нашего визита и весьма много узнали о дальнейших планах развития мирной атомной энергетики в СССР. Мы оценили благоприятную возможность сделать сравнение с программой США. Обе наши страны добиваются прогресса в развитии атомной энергетики. Я верю, что наши страны могут рассчитывать на ядерную энергетику, чтобы удовлетворить огромные потребности в электроэнергии на многие годы. Г. Сиборг».

Научно-техническое сотрудничество социалистических стран, объединенных в Совет Экономической Взаимопомощи, расширяется во всех областях, в том числе и в области использования атомной энергии в мирных целях. И не случайно делегация стран СЭВ, в составе которой были представители НРБ, ГДР, Кубы, ВНР, СРР, ЧССР, ПНР, 25 сентября 1980 г. посетила Ленинградскую АЭС имени В. И. Ленина.

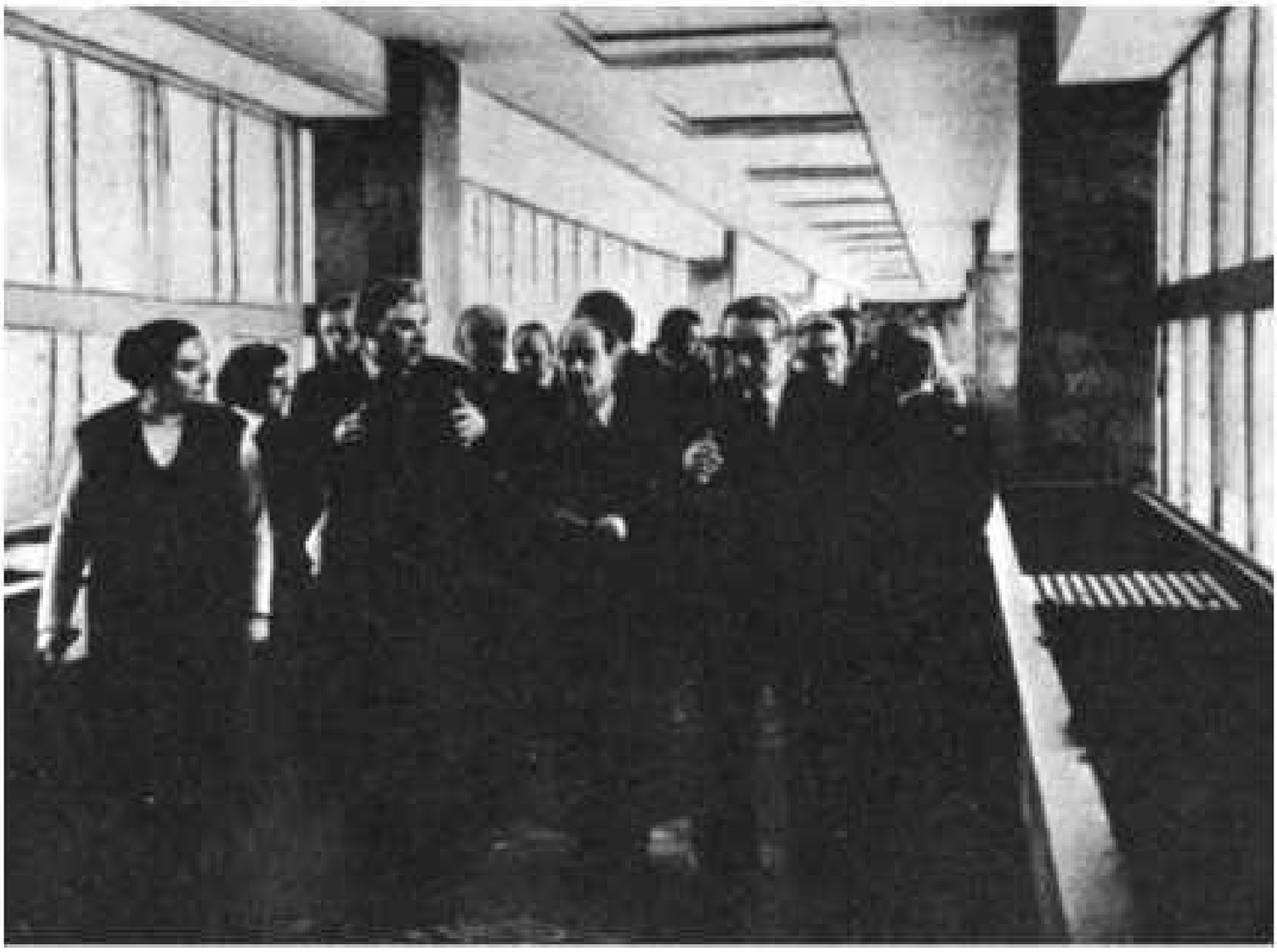
«Станция нам очень понравилась своим передовым оборудованием и людьми, которые работают и будут работать на станции при очень высокой степени автоматизации. Надеемся, что и в наших странах будут такие станции. ЛАЭС — это гордость молодого города Сосновый Бор».

18 сентября 1974 г. Ленинградскую АЭС посетила делегация Компартии республики Куба, которую возглавлял член Политбюро ЦК КП Кубы, секретарь провинциального комитета КП Кубы провинции Ориенте Армандо Харт Давалос.

«Поздравляем партийное руководство, администрацию, техников, инженеров и всех товарищей, работающих на этой АЭС, которая характеризует высокий уровень развития промышленности великой Родины Ленина. Ленинград был и будет примером самоотверженности и мужества советского народа. Да здравствует вечная дружба Советского Союза и Кубы! Восхищены результатами коллектива в освоении станции. Желаем дальнейших успехов в мирном использовании атомной энергии».

Делегация канадских специалистов в области конструкционных материалов реакторов во главе с руководителем топливного отдела в научном центре Чок-Ривер г. Д. Робертсоном: «Посещение Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина доставило нам огромное удовольствие. Мы увидели много общего с нашей АЭС «Пикеринг» в Канаде... Ваш сердечный прием вместе с полезным обменом информацией является первым шагом в нашем сотрудничестве».

Гости станции — старые большевики города Ленина



Делегация специалистов Британского ядерного форума во главе с председателем Ж. С. С. Стюардом: «Мы выражаем вам наилучшие пожелания в работе на миллионной мощности. Освоение реакторов канального типа дало прекрасные результаты, и мы надеемся на самое тесное сотрудничество в этой области. Мы поздравляем весь персонал станции с достигнутыми успехами».

В 1976 г. Ленинградскую АЭС посетила вторая делегация США во главе с вице-президентом фирмы «Комбашн Инжиниринг» Т. А. Дайком.

«... От имени фирмы я поздравляю Ленинградскую АЭС с освоением миллионных блоков. Эта станция и этот город представляют собой огромное техническое и социальное достижение. Мы надеемся в будущем на тесное сотрудничество между вашими министерствами и нашей компанией».

И отзывы других делегаций:

«...Посещение вашей станции нами как первыми иностран-

ными журналистами оставило неизгладимое впечатление. Как финны, мы довольны тем, что возможность сотрудничества между нашими странами расширяется и в области атомной энергетики. Ленинградская станция станет образцом для станций, которые будут строиться в Финляндии. Сердечно благодарим. Матти Пюкеля, Уолеви Маттила, 14 октября 1976 г.»

«Мы — первая японская делегация, которой представилась возможность посетить Ленинградскую атомную электростанцию имени В. И. Ленина. Мы преклоняемся перед успехами, достигнутыми на вашей станции, которая была создана в результате ваших самостоятельных исследований, на базе собственного опыта. Позвольте выразить глубокое уважение советским ученым и инженерам за их неустанный труд в области развития атомной энергетики. Глава делегации Японского атомно-промышленного форума доктор экономических наук Хироми Арисава, 27 июля 1979 г.»

В дни работы XXVI съезда КПСС нашу станцию посетила партийно-правительственная делегация ГДР, присутствовав-

а

Группа советских ученых знакомится с Ленинградской АЭС (а, б)

шая на съезде, во главе с Генеральным секретарем ЦК СЕПГ Эрихом Хонеккером.

«Мы рады, что в связи с нашим участием в XXVI съезде КПСС мы получили приглашение посетить вашу станцию. Высокая мощность ленинградских предприятий, способствующая решению научных задач и ускорению научно-технического прогресса в СССР, очевидна и здесь, на АЭС имени В. И. Ленина. Благодаря высокой производительности труда рабочих, научно-технического персонала, ваша АЭС превращается в одну из самых мощных АЭС в мире. Мы желаем вам осуществления решений XXVI съезда КПСС в деле коммунистического строительства и новых успехов на благо коммунистической Родины».

Большое количество отзывов поступило от советских руководителей и специалистов, посетивших Ленинградскую АЭС имени В. И. Ленина:

«ЛАЭС является флагманом одного из новых направлений атомной энергетики Советского Союза. Уверены, что коллектив ЛАЭС с честью справится с возложенными на него задачами».

«Восхищены высокой культурой строительства и эксплуатации станции».

«Восхищены торжеством технической мысли наших ученых, рабочих и инженеров, восхищены трудом людей, которые эксплуатируют это сооружение».

«Ознакомившись с Ленинградской атомной станцией, выражаем свой восторг коллективу сотрудников и руководителям станции и желаем дальнейших успехов. Станция, явившаяся результатом творческого труда советских ученых, инженеров и рабочих, производит величественное впечатление и демонстрирует собой выдающиеся достижения Советской Науки и Народа».

«С большим восхищением и гордостью за советскую науку и технику ознакомились с самой мощной в мире атомной электростанцией, носящей имя великого Ленина. Желаем коллективу ЛАЭС дальнейших успехов в развитии мирной атомной энергетики нашей страны, выполнения решений XXVI съезда КПСС».

Газеты в те дни отмечали следующее:

«Замечательную трудовую победу празднует коллектив самого молодого энергетического гиганта страны — Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина. Первый ее блок достиг проектной мощности в один миллион киловатт. Никогда прежде раскованная мощь атомного ядра не преобразовывалась в такой могучий поток электроэнергии» (Ленинградская правда, 1974, 5 ноября);

«Мощность первой в мире АЭС, построенной в Обнинске, составляет пять тысяч киловатт. Проектная мощность Ленинградской атомной (первой очереди) — два миллиона киловатт. Такой скачок за два десятилетия. Обычные тепловые электростанции этот путь проделали почти за сто лет» (Правда, 1974, 6 ноября);

«Издалека ЛАЭС напоминает невероятно большой белоснежный корабль. И если говорить о ней, как о корабле, то курс ее — в будущее. Здесь уже зримо просматривается завтрашний день советской атомной энергетики» (Ленинградская правда, 1975, 22 ноября);

«Впервые загрузка и выгрузка тепловыделяющих элементов производится без остановки станции, на полной мощности. Это и явилось одной из решающих предпосылок трудовой победы» (Ленинградская правда, 1976, 21 декабря).

Газета «Правда» от 21 ноября 1975 г. в корреспонденции

«Атомный богатырь» писала:

«Еще одна мощная электрическая река влилась в энергетическое море страны. Досрочным пуском второго энергоблока завершено строительство первой очереди крупнейшей в мире Ленинградской атомной электростанции имени Владимира Ильича Ленина.

...Энергетический гигант не поражает размерами. Нет привычной для тепловых электростанций шеренги вечно дымящих труб, гор угля во дворе, разветвленной системы подъездных путей. На берегу залива, среди разлапистых сосен высятся аккуратные, четкой архитектуры белые корпуса. И трудно поверить, что в глубине одного из этих белоснежных зданий, за многометровой толщей бетона взнузданная человеком бушует могучая стихия атома.

...Ни одна атомная электростанция в мире не оснащена пока мощными реакторами такого типа, как на ЛАЭС. Распространенные реакторы корпусного типа, в отличие от канальных, при перегрузке топлива нуждаются в остановке. А это означает, что

Перед сотрудниками станции выступает председатель Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР академик АН Армянской ССР А. М. Петросьянц

блок в сотни тысяч киловатт не менее чем на месяц выключается из энергосистемы. Канальные реакторы позволяют производить перегрузку топлива на работающем агрегате.

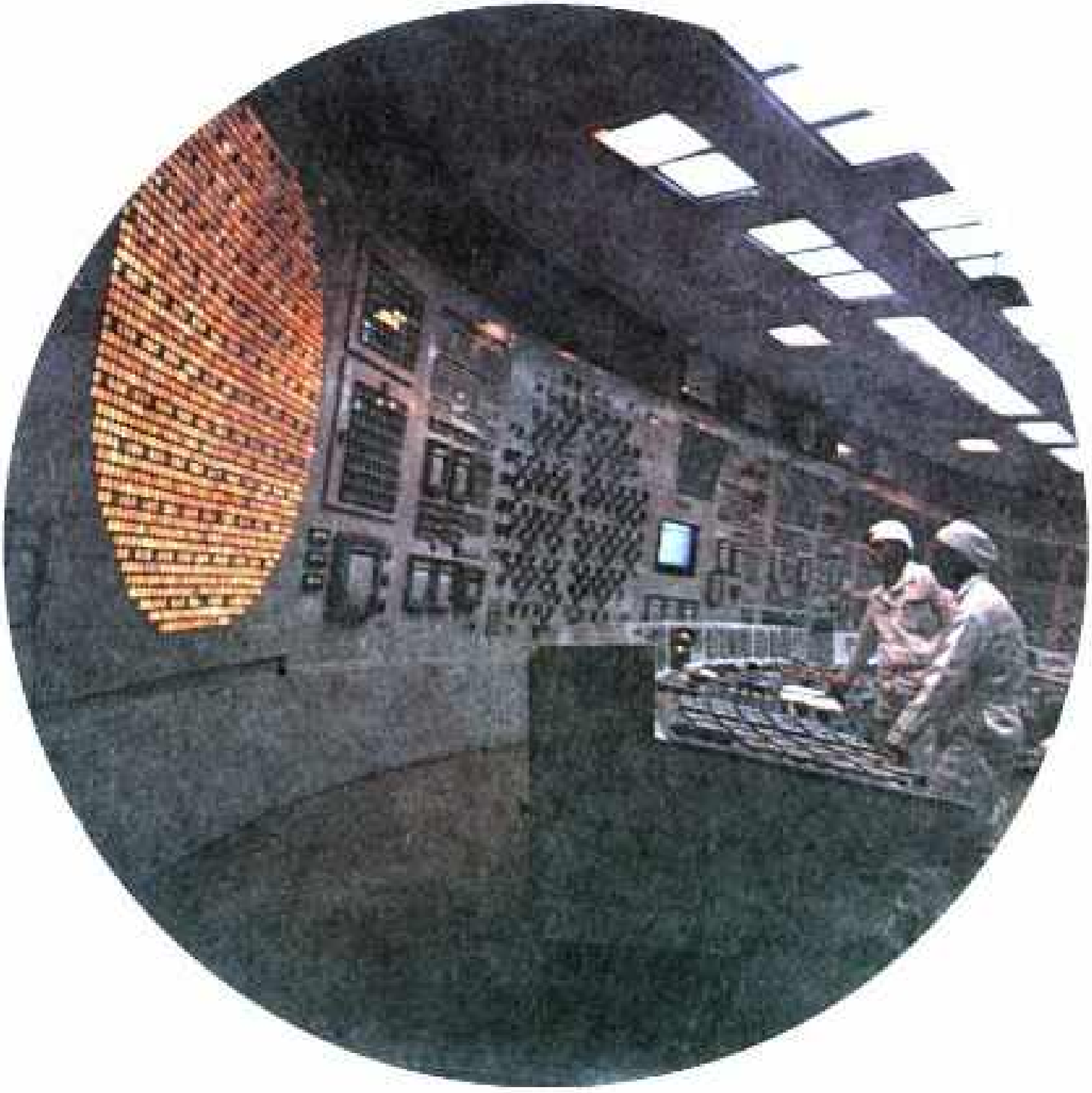
Ленинградская атомная — головной образец станций подобного типа.

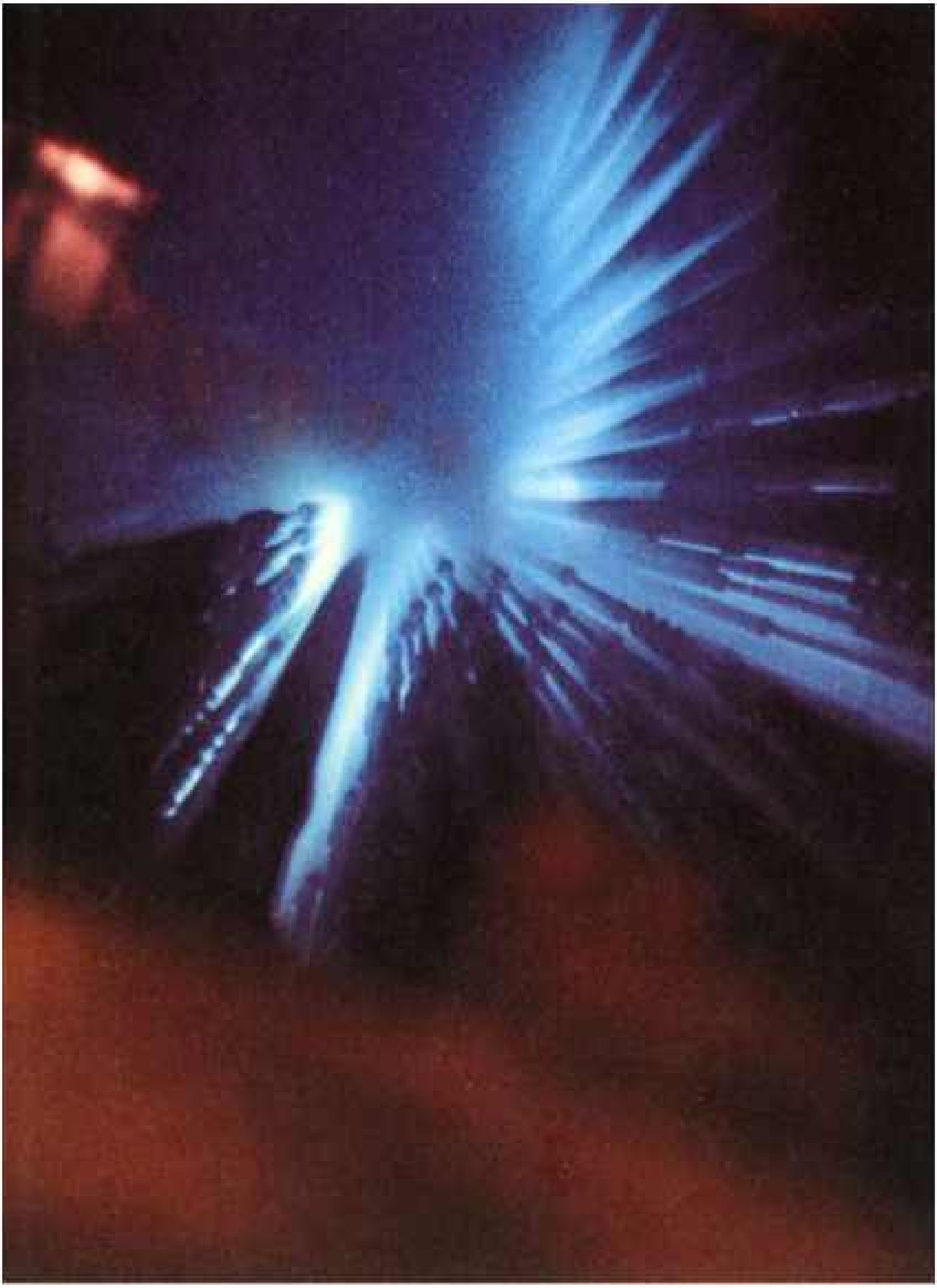
...Надежность блоков обеспечивается непрерывным контролем более чем за десятком тысяч различных параметров. Никакому оператору не справиться с таким огромным потоком информации. На ЛАЭС существует централизованная система контроля «Скала». Многочисленные ее датчики снимают нужную информацию с жизненно важных центров. Показатели сравниваются с заданными. Весть о малейшем отклонении тотчас же сообщается оператору звуковыми и световыми сигналами, фиксируется печатным текстом на месте.

С покорением атомного ядра в промышленную энергетику пришел человек знающий, собранный, внимательный. Это непреложное условие успешной работы атомных электростанций с их максимально возможной механизацией и автоматизацией процессов. Здесь рабочий уже не является «непосредственным агентом производства», а, по известному выражению К. Маркса, становится «рядом с производством». Трудно переоценить социальные последствия такого качественного изменения труда».

Наши успехи в освоении мирного атома олицетворяют огромные социальные, экономические, культурные и научные преобразования, совершенные советским народом после Великой Октябрьской социалистической революции. Советские люди доказали всему миру, что им по плечу самые смелые замыслы и дерзания, что путь, указанный Лениным, единственно правильный путь к процветанию и могуществу.

7 НА ПОРОГЕ ТРЕТЬЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ





Ядерное топливо — топливо будущего

Всего лишь пятьдесят лет назад, в 1932 г., впервые был осуществлен процесс искусственного расщепления атомных ядер тяжелых элементов. Это выдающееся достижение, явившееся результатом огромного научного поиска и опыта, накопленного человечеством за многие годы, и особенно в первой половине XX столетия, стало основой для проведения работ по высвобождению огромной энергии, заключенной в ядрах тяжелых атомов. Среди крупнейших достижений человечества практическое применение энергии атомного ядра явилось величайшим успехом науки и техники, оказавшим огромное революционизирующее влияние на научно-технический прогресс.

1932 год в истории ядерной физики является годом чудесных, основополагающих открытий, проложивших дорогу к использованию атомной энергии.

В феврале 1932 года английский физик Дж. Чедвик открыл нейтральную ядерную частицу, не имеющую электрического заряда,— нейтрон. Собственно, обнаружению нейтрона и его свойствам мы обязаны появлением ядерной энергетики. Нейтрон явился тем микроключом, который открыл дорогу к большой ядерной энергетике. Период полураспада нейтрона в свободном состоянии — всего немногим более 12 минут, но и этого оказалось достаточно, чтобы с помощью нейтрона осуществлять деление ядер тяжелых элементов — урана и плутония.

В 1932 году был обнаружен позитрон — частица, несущая положительный электрический заряд.

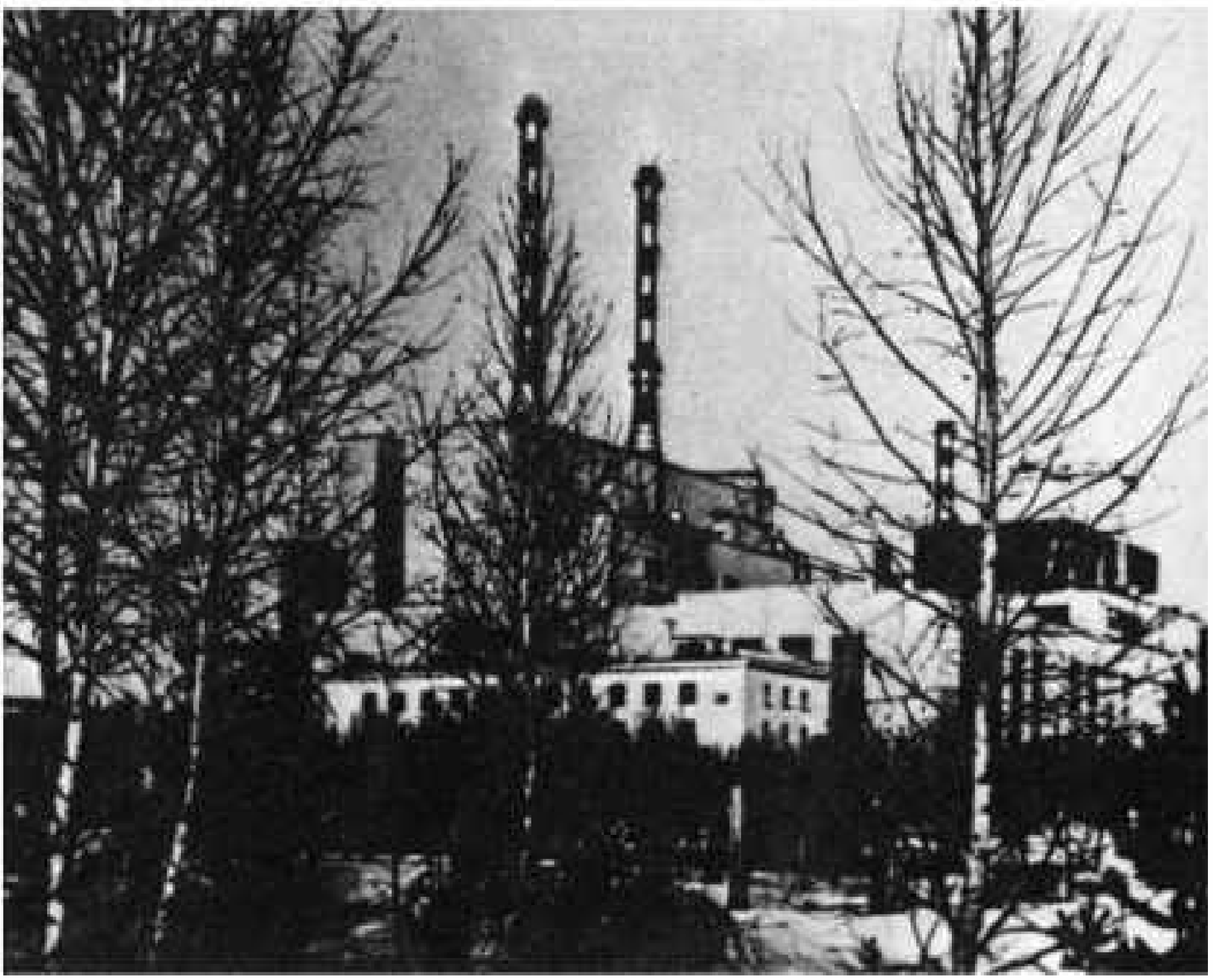
В 1932 году был открыт дейтерий — тяжелый изотоп водорода.

1932 год знаменит и тем, что в марте этого года впервые в мире было осуществлено расщепление ядра лития в Кембридже английскими учеными Д. Кокрофтом и Э. Уолтоном. Но еще более поразительным стало для всего мира ученых сообщение

о том, что в том же 1932 г., в октябре, в Советском Союзе, в Харьковском физико-техническом институте молодые советские ученые К. Д. Синельников, А. И. Лейпунский, А. К. Вальтер и Г. Д. Латышев осуществили расщепление ядра лития путем бомбардировки ядрами водорода (протонами), ускоренными в разрядной трубке высоковольтного ускорителя. Это сообщение украинских ученых было поистине ошеломляющим, сенсационным. Никто на Западе не мог ожидать, что в отсталой, еще далеко не оправившейся от разорительных войн, экономической

разрухи Советской стране сумеют повторить опыт крупнейшей и лучшей тогда в мире Кембриджской лаборатории. Этот факт наглядно показывает, как Советское государство даже при самых тяжелых экономических условиях оказывало помощь и поддержку ученым в развитии науки. Следует сказать, что именно эта постоянная поддержка нашей партии и правительства позволила создать условия, при которых советские ученые буквально в считанные годы сумели ликвидировать монополию США на ядерное оружие.

В наши дни атомная энергия, использование которой направлено на мирные, именно мирные, цели, приобретает в жизни общества значение, которое трудно переоценить. Фактически создана новая отрасль промышленности, которая характеризуется новейшей технологией, высокой культурой производства, высокой точностью исполнения, применением дистанционных

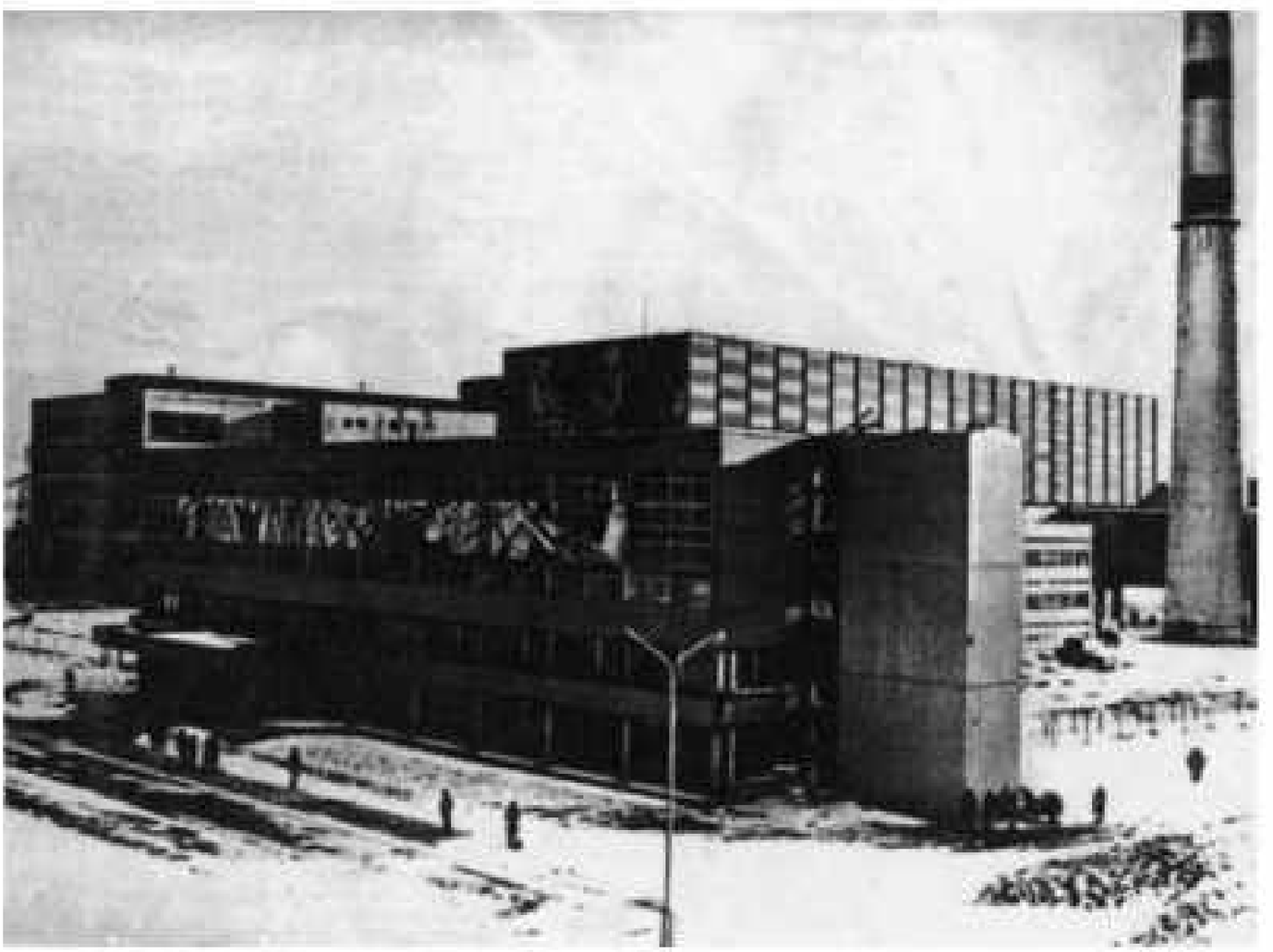


Белоярская АЭС имени И. В. Курчатова

систем управления при работах с источниками ионизирующего излучения, освоением и одновременным использованием сотен тысяч машин.

Для современного технического перевооружения атомная техника играет не меньшую, а, наверное, бо́льшую роль, чем в свое время играла техника при создании автомобильной, тракторной и авиационной промышленности. Атомная техника позволила получать совершенно новые виды материалов, создавать новые виды приборов и оборудования. Такие вещества, как тяжелая вода и гелий, цирконий и натрий, бериллий и литий, тантал и титан, ниобий и европий и многие другие, которые ранее получались только в лабораториях, стали производиться в промышленных масштабах — в крупных цехах и на заводах.

Исследования в области атомного ядра и элементарных частиц привели к открытию нового мощного источника энергии. Таким образом, ядерная физика создала научную основу атомной технике, а атомная техника, в свою очередь, явилась фундаментом атомной энергетики, которая, опираясь на атомную



Нововоронежская АЭС

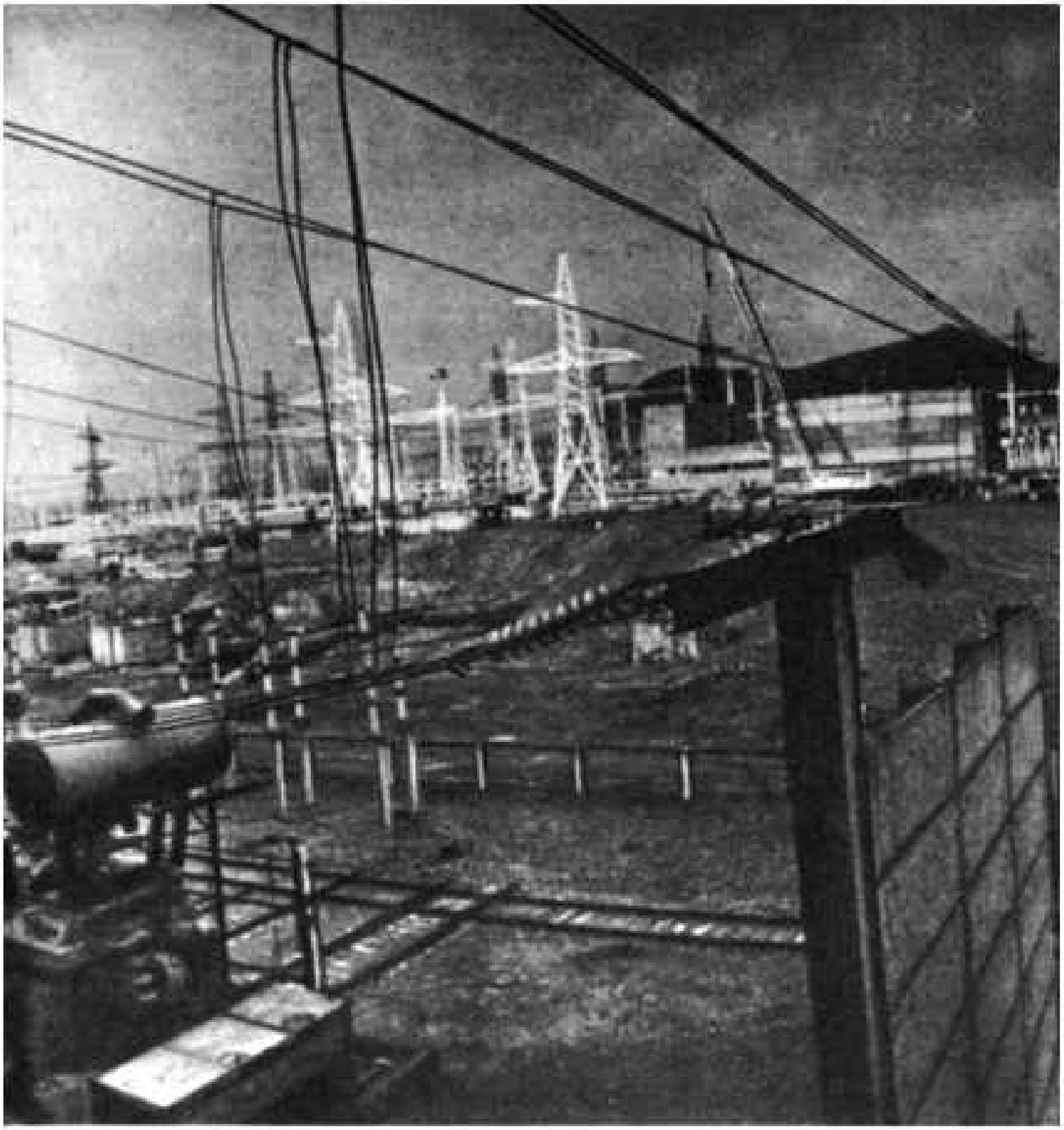
науку и технику, стала в настоящее время развитой отраслью энергетического производства.

Ядерная энергетика вошла в жизнь Советского государства и всего мира пуском в 1954 г. в городе Обнинске первой в мире атомной электростанции с реактором уран-графитового типа.

В 1964 г. на Урале введен в строй первый блок Белоярской АЭС электрической мощностью 100 МВт, а в 1967 г. — второй блок мощностью 200 МВт. С 1964 г. эксплуатируется с реакторами водо-водяного типа под давлением (ВВЭР) Нововоронежская АЭС: первый блок электрической мощностью 210 МВт, второй блок (1969 г.) — 365 МВт, третий и четвертый блоки (1971 и 1972 гг.) — по 440 МВт. В 1980 г. сдан в эксплуатацию пятый блок мощностью 1000 МВт. Таким образом, общая электрическая мощность Нововоронежской АЭС достигла почти 2500 МВт. На Кольском полуострове работает АЭС с реакторами ВВЭР по 440 МВт. Общая электрическая мощность Кольской АЭС после пуска третьего блока — 1320 МВт, после пуска четвертого — 1760 МВт. В Армении, в горах, на высоте 1100 м действует АЭС с двумя блоками общей электрической мощностью 810 МВт. В 100 км к западу от Ленинграда работает одна из крупнейших атомных электростанций в мире — Ленинградская АЭС имени В. И. Ленина с четырьмя реакторными (РБМК) энергоблоками мощностью 1000 МВт каждый. Общая электрическая мощность станции составляет с пуском четвертого блока в августе 1980 г. 4000 МВт. На Украине, под Киевом, находится в эксплуатации Чернобыльская АЭС с тремя блоками (реакторы РБМК) электрической мощностью по 1000 МВт; четвертый блок намечен к пуску в конце 1983 г. В Курской области работает АЭС на 2000 МВт. Вводится в эксплуатацию первый блок Смоленской АЭС электрической мощностью 1000 МВт. На Чукотке работает Билибинская АЭС.

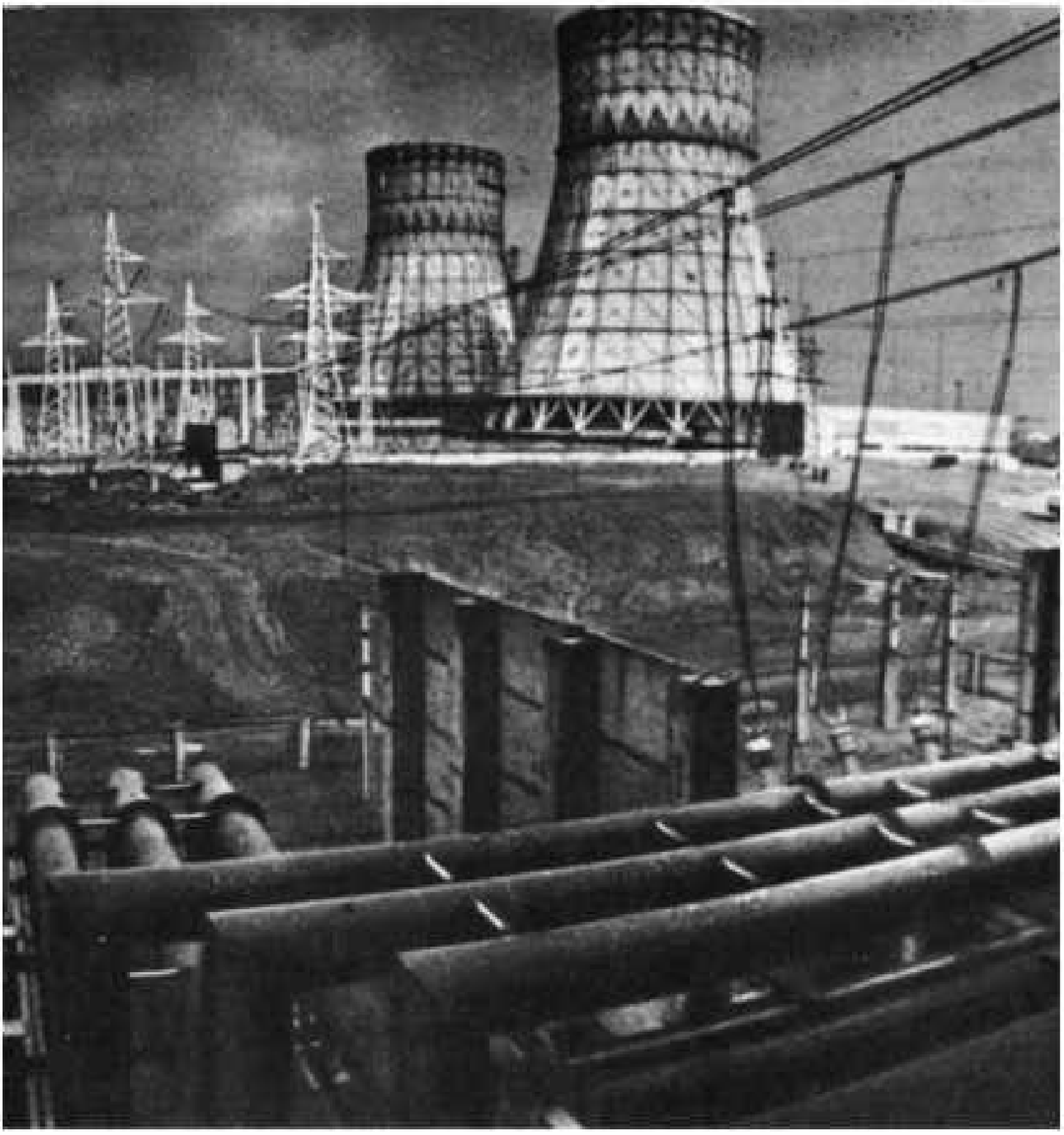
В Литовской ССР строится крупная Игналинская АЭС из нескольких блоков единичной электрической мощностью 1500 МВт. Пуск первого блока состоится в ближайшее время. В разной стадии строительства находятся Калининская, Ростовская, Балаковская, Запорожская, Ровенская, Хмельницкая, Южно-Украинская и ряд других АЭС.

Кроме этих АЭС с реакторами водо-водяного типа под давлением и уран-графитового канального типа на медленных



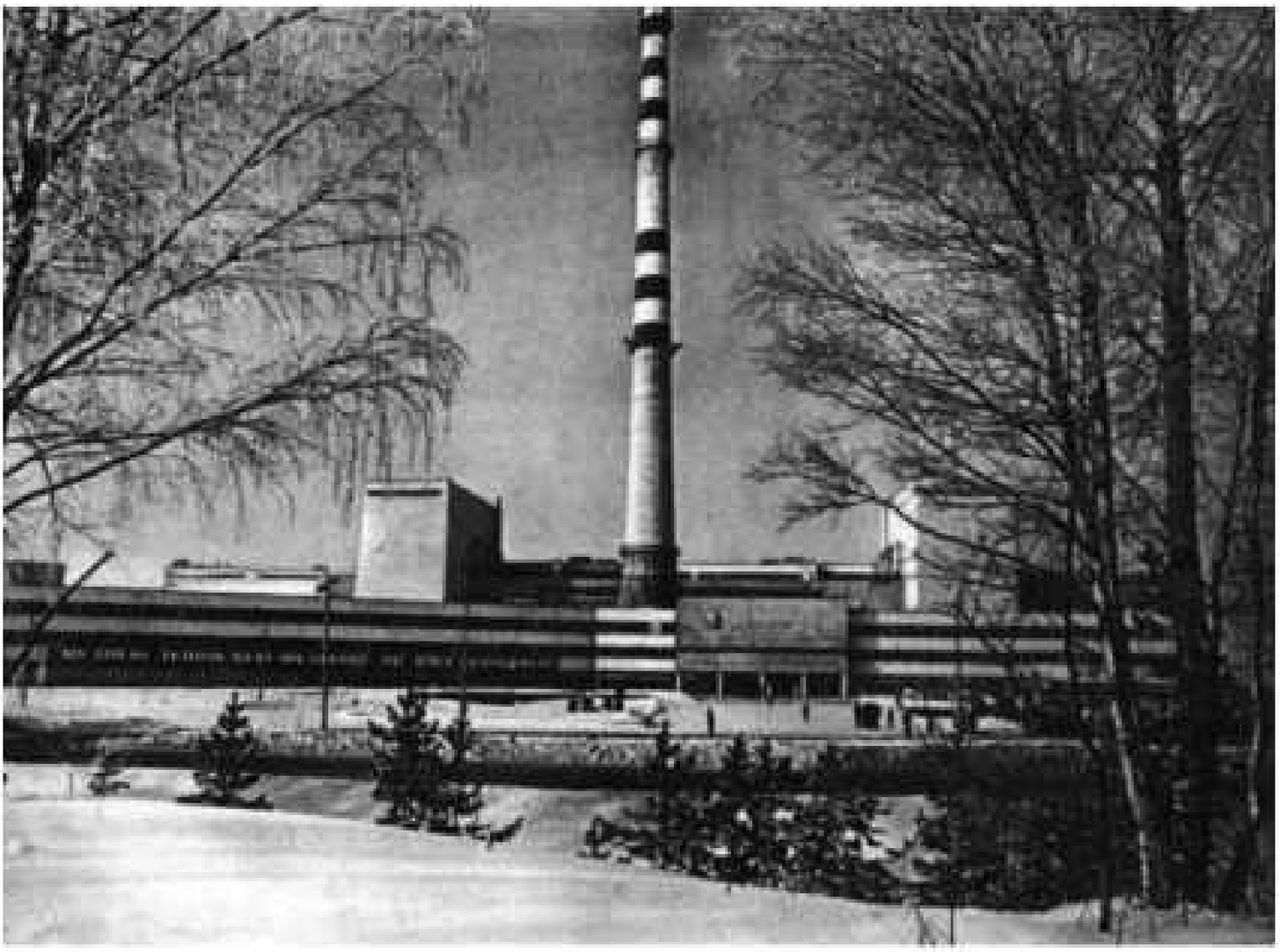
(тепловых) нейтронах, в Советском Союзе работают АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.

В Димитровграде работает АЭС с реактором на быстрых нейтронах электрической мощностью 12 МВт. В городе Шевченко с 1973 г. эксплуатируется АЭС с реактором на быстрых нейтронах тепловой мощностью 1000 МВт. Она вырабатывает электрическую энергию и опресняет соленую воду Каспийского моря для нужд города. В мае 1980 г. на Урале сдан в эксплуата-



цию и успешно работает третий блок Белоярской АЭС электрической мощностью 600 МВт с реактором на быстрых нейтронах. В настоящее время намечается создание реакторов на быстрых нейтронах единичной электрической мощностью 800 и 1600 МВт.

Намечено дальнейшее наращивание общих электрических мощностей в области ядерной энергетики, наиболее сложной, трудной и требующей применения самых совершенных меха-



низмов и приборов, какие только имеются в арсенале технических средств человека.

С чем же связано такое быстрое развитие ядерной энергетики?

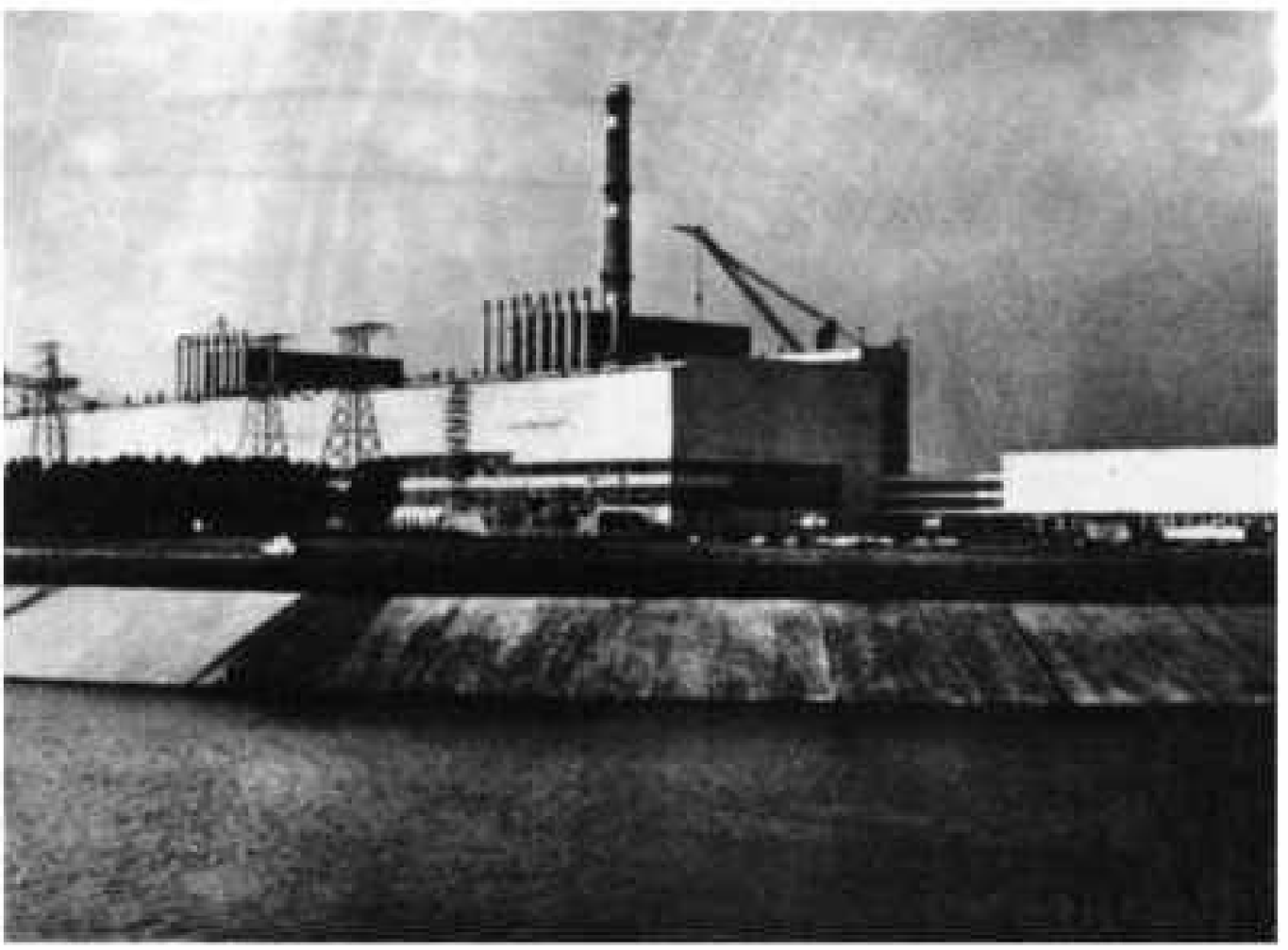
Темпы нынешнего и особенно будущего роста электроэнергетики должны быть поистине грандиозными в связи с увеличением народонаселения, бурным развитием всех отраслей промышленности и сельского хозяйства, истощением природных запасов нефти и газа. Потребление органических видов топлива за последние десятилетия возросло в несколько раз по сравнению с прошлыми периодами и имеет резко выраженную тенденцию еще большего роста. Так, если за период с 1900 по 1970 год, по имеющимся данным, человечество израсходовало около 250 млрд. т , то за 30 лет, в период с 1970 по 2000 год, расход всех видов топлива должен вырасти до 450 млрд. т (в условном исчислении). Иначе говоря, если за прошедшие 70 лет в год расходовалось в среднем по 3,5 млрд. т, то в оставшееся до

Ленинградская АЭС имени В. И. Ленина

2000 г. время, по расчетам прогнозистов, будет расходоваться в среднем по 15 млрд. т в год, т. е. в 4 раза больше.

Рост потребления энергии и отсюда рост производства электроэнергии обусловлены прежде всего быстрым ростом населения. Население земного шара ныне увеличивается более чем на 1 миллион человек в неделю, или на 65 миллионов человек в год. К 2000 г. население, по предсказаниям демографов, увеличится почти вдвое по сравнению с нынешним.

Такой фактический и прогнозируемый рост населения требует достаточно точного определения запасов топлива в недрах Земли. В связи с улучшением методов геологической разведки, усовершенствованием глубинного бурения разведанные (достоверные) запасы угля, нефти и газа быстро увеличиваются. Общие геологические запасы ископаемых топлив на Земле — каменного и бурого углей, нефти в свободном состоянии, нефти в сланцевых песчаниках и природного газа — достаточно велики. По прогнозам, общие геологические мировые запасы каменного угля оцениваются в 6000 — 6500 млрд. т, а по некоторым данным, в 10000 млрд. т топлива в условном исчислении.



Чернобыльская АЭС

Мировые запасы нефти и газа оцениваются в 500—1500 млрд. т, в том числе нефти — в 100 млрд. т.

Оценивая природные запасы энергетических ресурсов мира и перспективы их использования, нельзя забывать о динамичности этих оценок. Так, если в начале 50-х годов достоверные мировые запасы нефти оценивались примерно в 15 млрд. т, то в конце 60-х годов — почти в 100 млрд. т. Геологические открытия и прогнозы последних лет сильно увеличивают эту цифру.

На VII конгрессе Мировой энергетической конференции в Москве советские ученые привели очень интересные данные о природных запасах энергетических ресурсов в СССР. В Советском Союзе сосредоточено свыше 30 % нефтеносных площадей мира, 45 % естественных запасов природного газа, 55 % — угля, 60 % — торфа и т. д.

Билибинская АЭС

Однако, несмотря на такое, в общем благоприятное положение, нельзя предполагать, что имеющиеся в недрах Земли запасы топлива позволят человечеству безмятежно взирать на далекое будущее и безудержно расходовать органические виды топлива. Важно и то, что уголь и нефть относятся к невозобновляемым источникам энергии. Бурно же растущее мировое потребление нефти и природного газа, начавшееся с 40 — 50-х годов, требует внимательного подхода к вопросу о том, с каким количеством неиспользованных природных запасов этих ресурсов человечество перейдет в XXI век.

Ближайшим поколениям уже придется сильно задумываться над катастрофически сокращающимися запасами органических видов топлива. Во весь рост встанет проблема обеспечения всеми видами энергии народного хозяйства, и в частности приобретающей гигантские масштабы нефтехимии, которая по-

требляет сырую нефть и газ для производства химических продуктов и изделий из них.

Темпы использования органических видов горючего будут возрастать с ростом промышленного и бытового потребления энергии в современном обществе.

Использование энергии, образующейся при делении ядер урана и плутония, ныне, при истощении запасов органических видов топлива,— единственная реальная возможность обеспечить человечество электрической энергией.

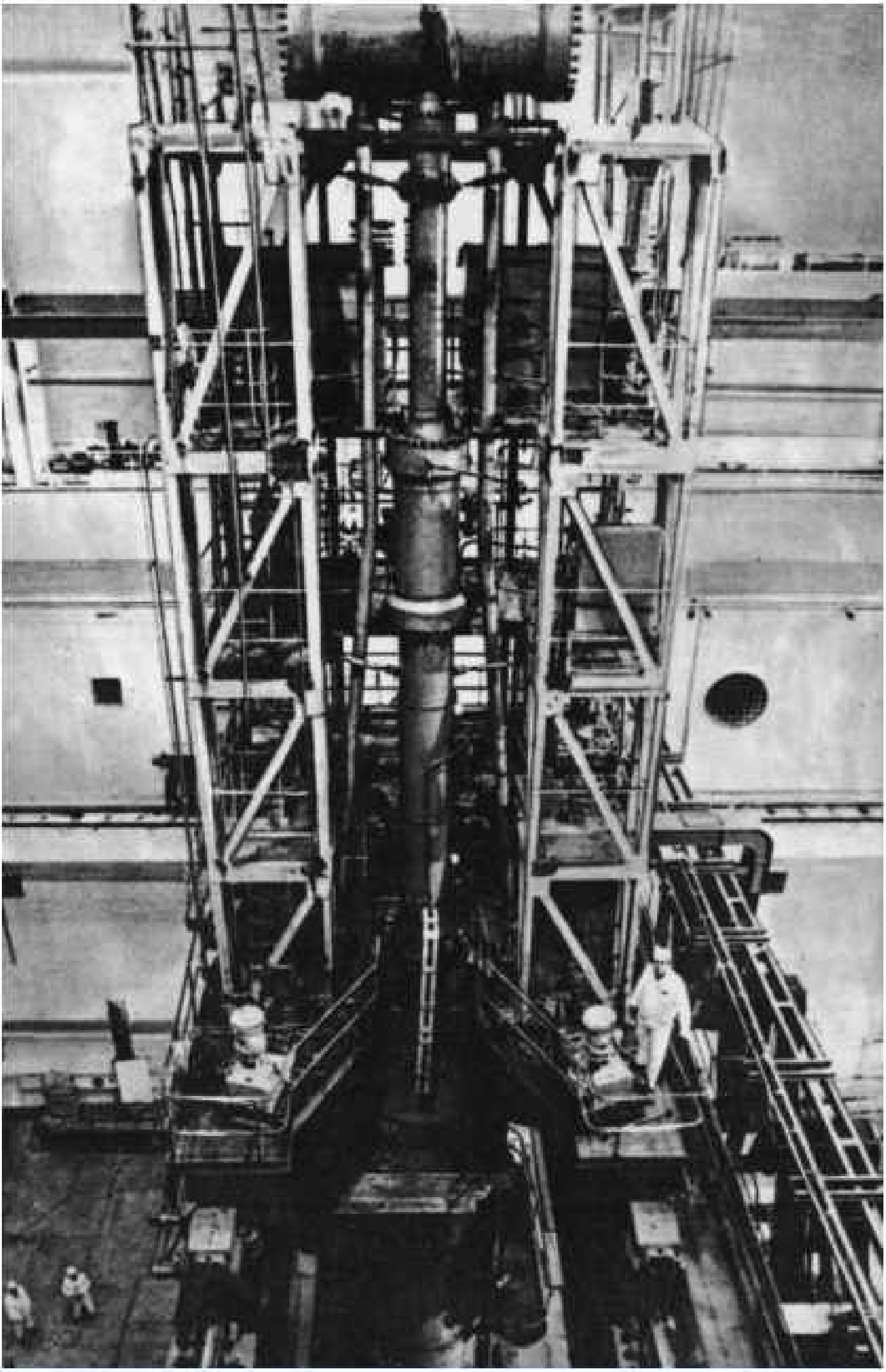
Известно, что, помимо органического и ядерного топлива, существуют другие источники энергии, которые используются в настоящее время или будут использоваться уже к концу XX века. К ним относятся реки, морские приливы и отливы, солнечное излучение, ветер, морские волны, тепло морей и земных недр. Все это — возобновляемые источники энергии.

Наиболее широко используется энергия рек — гидроэнергия. Однако если рассматривать ее использование во всех странах мира, то оно весьма невелико — в пределах 2—3% потребления энергии всех видов, хотя в некоторых странах и регионах мира — весьма значительно, например в Западной Европе энергия рек — это 30—40% всей потребляемой энергии.

В СССР запасы гидроэнергии очень высоки, но размещаются они весьма неравномерно: более 80 % их сосредоточены в Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии. В европейской части СССР, где наиболее напряженный энергетический баланс, где сосредоточено 70—75 % населения нашей страны, уровень использования гидроэнергетических ресурсов дошел до 40 % и их экономический потенциал практически исчерпан.

Следует указать, что гидроэнергия — один из наиболее экологически чистых видов энергии, хотя гидроэнергетика существенно влияет на экологическую обстановку. Так, для создания водохранилища гидроэлектростанции, с учетом сезонной неравномерности поверхностного стока воды в реках, требуется затопить огромные площади земли, зачастую занятые сельскохозяйственными и лесными массивами и населенными пунктами. К примеру, водохранилище Куйбышевской ГЭС имеет объем 58 млрд. $м^3$ с поверхностью 20 000 $км^2$.

Гидроэнергетические ресурсы мира ограниченны, а их экологическое воздействие с учетом сооружения водохранилищ весьма существенно. Поэтому в мировом топливно-энергетическом



балансе гидроэнергетика может играть только вспомогательную роль (к 2020 г. 3—5% общего потребления энергии).

Энергия морских приливов и отливов, если учитывать их суточную и месячную неравномерность, может, по-видимому, удовлетворить к 2020 г. не более 20 % потребности в энергии. Над разработкой приливных электростанций (ПЭС) работают в ряде стран — во Франции, Великобритании, Аргентине, СССР и др. Наиболее продвинулись эти работы во Франции, где в городе Сен-Мало построена ПЭС электрической мощностью 9 МВт и в устье реки Ранс работает промышленная ПЭС мощностью 240 МВт. В СССР действует небольшая Кислогубская ПЭС на Кольском полуострове.

Из всех возобновляемых источников энергии наиболее привлекательным представляется солнечное излучение, поскольку его ресурсы неисчерпаемы. Однако на современном уровне наших знаний и технологий пока не видно путей реализации крупномасштабного использования этих огромных потенциальных возможностей. Средняя плотность потока солнечного излучения на поверхность Земли составляет приблизительно 160 Вт/м^2, на экваторе — около 250 Вт/м^2. Низкая, даже при лучших атмосферных условиях, интенсивность солнечного излучения является главным препятствием его глобальному использованию. Отсюда главная проблема — это разработка методов «собирания» солнечной энергии. По проектам, разработанным во Франции, для солнечной тепловой электростанции электрической мощностью 2 МВт с размещением гелиостатов (зеркальных модулей) требуется площадь 20 000 м^2, не считая площади для размещения целого ряда вспомогательных сооружений и зданий.

Если предположить, что в середине XXI столетия половина мировой потребности в энергии будет обеспечиваться за счет солнечной, то для этого придется занять земельные площади в 10 млн. км^2, а это составляет, для сравнения, площадь, занятую ныне под все пахотные земли нашей планеты (около 13 млн. км^2). Но этого мало, к этому надо добавить еще площади, которые потребуется занять под различные промышленные предприятия, изготавливающие оборудование и материалы для солнечных электростанций. Следует также отметить, что солнечная энергетика относится к материалоемким видам производства. В настоящее время выполнен большой комплекс

работ по использованию солнечной энергии для отопления и охлаждения зданий. Такие работы проводятся в США, Японии, ФРГ, Австралии и других странах, а также и у нас — в Туркмении, Узбекистане, Казахстане, Закавказье, Крыму, Молдавии, Южной Украине. К 2000 г. вклад солнечных энергоустановок в мировую энергетику будет очень небольшим — в пределах 2—4 %. Позже их использование будет более существенным.

Энергия ветра человечеством используется с незапамятных времен, однако из-за малых скоростей ветров и непостоянного характера их действия можно использовать лишь небольшую часть общей ветровой энергии. Ветроэнергетика не играет заметной роли в современном топливно-энергетическом балансе, а ее возможная роль в будущем — не более чем добавочный вспомогательный энергоресурс местного значения.

Огромным коллектором солнечной энергии по объему и площади являются океаны. Проблема преобразования тепла морей и океанов находится пока на стадии проектных разработок.

Особое место занимает тепло недр Земли — геотермальная энергия. Однако экономически и технически в настоящее время оправдана разработка лишь немногих, отдельных источников геотермальной энергии.

В пределах СССР термальные воды распределены весьма неравномерно: 70 % в районах Сибири и Дальнего Востока и только 15 % в европейской части (на Кавказе, в Предкавказье и Крыму). Термальные воды используются для горячего водоснабжения в Махачкале, Избербаше, Омске, Кизляре, Черкесске, Тбилиси, Тобольске и в некоторых других городах и местностях. Недалеко от Петропавловска-на-Камчатке работает геотермальная тепловая электростанция электрической мощностью 2,5 МВт.

Использование геотермальных вод происходит повсеместно в мире за счет их естественного выхода на поверхность Земли. Проблема использования глубинного тепла земли еще ждет своего решения. Следует также отметить, что экологическая чистота геотермальных вод весьма сомнительна, так как геотермальная активность сопровождается зачастую загрязнением атмосферы парами ртути, сероводорода, аммиака, двуокиси и окиси углерода, метана и др.

Использование солнечной и геотермальной энергии на базе современных знаний и, главное, технологий требует весьма значительных экономических затрат, что делает эти виды энергии неконкурентоспособными.

Итак, из всего изложенного следует вывод, что возобновляемые источники энергии не в состоянии покрыть более или менее значительную долю топливно -энергетического баланса. Отсюда единственной возможностью выхода из энергетического кризиса, имеющейся в распоряжении человечества, является использование атомной энергии, атомная энергетика — в виде полностью освоенных атомных электростанций.

В процессе деления ядер урана и плутония в атомном реакторе выделяется огромное количество тепловой энергии, поэтому на основе реакторов можно создавать крупные энергетические блоки, атомные электростанции. По показателям экономичности и надежности работы АЭС не уступают, а даже превосходят электростанции, использующие органическое топливо. Атомные электростанции практически независимы от географических мест расположения источников сырья (урановых рудников). Благодаря компактности ядерного горючего, продолжительному его использованию в ядерном реакторе и малому расходу полностью отпадает необходимость в перевозках многотонных грузов. Атомные электростанции по сравнению с другими меньше загрязняют окружающую среду.

Благодаря созданию и освоению мощных ядерных реакторов стало возможным строительство на их основе энергетических блоков с единичной электрической мощностью 1,5 и даже 2 млн. кВт. Потенциальные возможности ядерных энергетических реакторов очень велики. И по мере освоения и развития атомной энергетики будут открываться все новые возможности для использования атомной энергии в самых различных областях.

Как уже указывалось, в СССР разработаны и сооружаются АЭС с реакторами в основном двух типов (на тепловых нейтронах): водо-водяными корпусными под давлением (ВВЭР) и уран-графитовыми кипящими канального типа (РБМК).

Реакторы водо-водяного типа относятся к числу наиболее освоенных в мире реакторов на тепловых нейтронах.

С увеличением единичной мощности ядерного реактора стоимость его сооружения снижается. Увеличение единичной

мощности реактора ВВЭР до значений более 1000 МВт ограничивается возможностями транспортировки крупногабаритных корпусов реакторов ВВЭР по железной дороге. При мощности реактора 1500 МВт, например, потребуется либо изыскание новых способов перевозки, либо отказ от заводского изготовления корпусов реакторов и переход на монтаж и сварку корпусов на месте строительства. Для СССР мощность более 1000 МВт на реакторах типа ВВЭР не является совершенно необходимой, так как оказывается проще получить такую же или более высокую мощность на реакторах типа РБМК. Реакторы РБМК представляют интерес также и в конструктивном отношении — они фактически не нуждаются в массивном плотном стальном корпусе в отличие от реактора ВВЭР.

Возможность строительства АЭС с бескорпусными реакторами весьма заманчива, поскольку освобождает заводы тяжелого машиностроения от изготовления крупногабаритных стальных изделий массой 300—500 т.

Энергетический пуск реактора первого блока Ленинградской АЭС имени В. И. Ленина был осуществлен в декабре 1973 г. Значение сооружения этой станции для будущего атомной энергетики СССР огромно. Ленинградская АЭС является головной в серии находящихся в эксплуатации и строящихся АЭС, которые в дальнейшем будут производить существенную долю электроэнергии в европейской части СССР.

Атомные электростанции, такие, как Ленинградская АЭС имени В. И. Ленина с реакторами РБМК, полностью отвечают требованиям интенсификации производства путем использования достижений научно-технической революции в направлениях, определяющих перспективы долгосрочного развития экономики.

Увеличение электрической мощности АЭС увеличивает фондоотдачу, экономию материальных ресурсов, обеспечивает лучшие условия для охраны окружающей среды, удобство обслуживания, централизацию ремонта машин и оборудования, облегчает захоронение радиоактивных отходов, наблюдение за состоянием окружающей среды.

Однако в реакторах на тепловых нейтронах ядерное горючее используется недостаточно эффективно. Повысить эффективность можно только при использовании ядерного горючего в реакторах на быстрых нейтронах. Эти реакторы обладают

великолепными возможностями воспроизводства ядерного горючего. Иначе говоря, в реакторах на быстрых нейтронах возможно не только наилучшее использование делящихся изотопов урана или плутония, но и создание нового горючего за счет вовлечения в топливный цикл неделящегося изотопа урана-238, а в будущем также и изотопов тория.

Работы по созданию реакторов на быстрых нейтронах ведутся в СССР уже около 30 лет. Накопленный опыт эксплуатации АЭС с этими реакторами позволяет вести проектные проработки реактора на быстрых нейтронах большой мощности — до 1600 МВт.

Среди исследований, направленных на овладение новыми источниками энергии, важное место занимает работа по осуществлению управляемого термоядерного синтеза. Ученые-физики и инженеры стремятся поставить на службу человеку практически неисчерпаемый источник энергии, сосредоточенный в ядрах легких элементов.

Для самоподдерживающейся термоядерной реакции требуется высокая плотность плазмы — порядка 10^{14}—10^{15} частиц/см^3, высокая температура электронов и ионов — примерно сто миллионов градусов, время удержания плазмы — около одной секунды.

Наибольшие успехи в этом направлении у ученых Института атомной энергии имени И. В. Курчатова. Их работы получили мировое признание. Созданная ими термоядерная установка «Токамак» является наиболее совершенной. Можно надеяться, что к концу столетия появится опытный энергетический термоядерный реактор, однако задача его создания очень трудна.

Состояние и размах работ по сооружению АЭС с различными типами реакторов на тепловых и быстрых нейтронах показывают, что атомная энергетика стала самостоятельной отраслью электроэнергетического производства.

Пройдет совсем немного времени, скажем, 30—50 лет, и атомная энергия, в том числе выделяемая при управляемом термоядерном синтезе, может стать одним из основных источников электрической и тепловой энергии для народного хозяйства.

У атомной энергетики хорошее настоящее и великолепное будущее.

ХРОНИКА СОБЫТИЙ

Май 1967 г.	Начата разработка котлована под главное здание первой очереди будущей атомной электростанции
12 сентября 1967 г.	Уложен первый кубометр бетона в основание станции
12 декабря 1967 г.	Уложен первый кубометр бетона в несущие конструкции реакторного блока
30 июня 1971 г.	Сдана шахта под сборку и монтаж технологических металлоконструкций реактора первого блока
1 августа 1972 г.	Начата графитовая кладка реактора первого блока
15 октября 1972 г.	Начат монтаж технологических каналов реактора первого блока
12 декабря 1972 г.	Создан сборный железобетонный фундамент под монтаж первого турбогенератора
18 мая 1973 г.	Поселок энергетиков Сосновый Бор Ленинградской области получает статус города Сосновый Бор областного подчинения

27 июля 1973 г.	Включен первый главный циркуляционный насос в контуре многократной принудительной циркуляции первого блока. Начаты основные пусконаладочные работы
12 сентября 1973 г.	Осуществлен физический пуск реактора первого блока
26 октября 1973 г.	Сдана шахта реактора второго блока
15 ноября 1973 г.	Выведен на мощность реактор первого блока. Осуществлена продувка главных паропроводов паром от реактора
7 декабря 1973 г.	Выведен первый турбогенератор первого блока на холостые обороты и проведена пробная синхронизация с энергосистемой
21 декабря 1973 г.	Поставлен под промышленную нагрузку для комплексного опробования и предъявления Государственной приемочной комиссии первый блок с турбогенератором № 2
23 декабря 1973 г.	Принят в эксплуатацию первый блок
18 января 1974 г.	Постановлением Совета Министров РСФСР Ленинградской атомной электростанции присвоено имя создателя Коммунистической партии и Советского государства Владимира Ильича Ленина

14 мая 1974 г.	Начата графитовая кладка реактора второго блока
15 мая 1974 г.	Выработан первый миллиард киловатт-часов электроэнергии с момента пуска
26 июня 1974 г.	Начат монтаж технологических каналов реактора второго блока
1 ноября 1974 г.	Выведен на проектный уровень мощности 1 млн. кВт первый блок
5 ноября 1974 г.	ЦК КПСС сердечно поздравил с трудовой победой ученых, конструкторов, монтажников, строителей, эксплуатационников — всех создателей Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина
10 марта 1975 г.	ЦК КПСС, Совет Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ признали коллектив Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина победителем Всесоюзного социалистического соревнования за успешное выполнение заданий по важнейшим научно-техническим проблемам народнохозяйственного плана 1974 года с вручением Диплома ВЦСПС и Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике
28 февраля 1975 г.	За успешный ввод в эксплуатацию и освоение проектной мощности первого энергоблока 147 сосновоборцев — участников со-

	здания флагмана советской ядерной энергетики — награждены орденами и медалями СССР
Апрель 1975 г.	Начата разработка котлована под главное здание второй очереди Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина
23 апреля 1975 г.	Включен первый главный циркуляционный насос в контуре многократной принудительной циркуляции второго блока. Начаты основные пусконаладочные работы
5 мая 1975 г.	Осуществлен физический пуск реактора второго блока
11 июля 1975 г.	Поставлен под промышленную нагрузку для комплексного опробования второй блок с турбогенератором № 3
Август 1975 г.	Начато бетонирование плиты под главное здание второй очереди Ленинградской АЭС
1 ноября 1975 г.	Произведена первая перегрузка разгрузочно-загрузочной машиной топливных кассет на работающем реакторе первого блока. С этого момента осуществляется непрерывная перегрузка топлива на реакторах без снижения их мощности
19 декабря 1975 г.	Выработано с начала пуска Ленинградской АЭС 10 млрд. кВт · ч электроэнергии

8 января 1976 г.	Выведен на проектный уровень мощности 1 млн. кВт второй блок. Обязательство, взятое ленинградцами в честь XXV съезда КПСС, успешно и досрочно выполнено. Вступила в строй крупнейшая в Европе атомная электростанция мощностью 2 млн. кВт
28 сентября 1976 г.	Постановлением Главного комитета ВДНХ СССР за достигнутые успехи и участие в выставке в 1976 г. 20 человек из коллектива Ленинградской атомной электростанции награждены медалями ВДНХ: 2 — золотыми, 4 — серебряными, 14 — бронзовыми
17 января 1977 г.	Произведена первая перегрузка топлива разгрузочно-загрузочной машиной на работающем реакторе второго блока
6 августа 1977 г.	Большой группе строителей и монтажников, эксплуатационников и проектировщиков за разработку проекта и строительство Ленинградской атомной электростанции присуждена премия Совета Министров СССР
4 ноября 1977 г.	Строителями и монтажниками выполнено обязательство к 60-летию Великого Октября — шахта реактора третьего блока сдана под монтаж металлоконструкций реактора
15 мая 1978 г.	Начата графитовая кладка реактора третьего блока

20 сентября 1978 г.	Начат монтаж технологических каналов реактора третьего блока
29 марта 1979 г.	Выработано с начала пуска Ленинградской АЭС 50 млрд. кВт · ч электроэнергии
17 июля 1979 г.	Включен первый главный циркуляционный насос в контуре многократной принудительной циркуляции третьего блока. Начаты основные пусконаладочные работы
17 сентября 1979 г.	Осуществлен физический пуск реактора третьего блока
1 ноября 1979 г.	Выведен на мощность реактор третьего блока. Осуществлена продувка главных паропроводов паром от реактора
7 декабря 1979 г.	Произведена синхронизация первого турбогенератора третьего блока с энергосистемой
30 декабря 1979 г.	Принят в эксплуатацию третий блок
20 февраля 1980 г.	ЦК КПСС поздравил коллектив станции с большой трудовой победой — завершением строительства и вводом в эксплуатацию третьего энергоблока
5 марта 1980 г.	ЦК КПСС, Совет Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ признали коллектив Ленинградской АЭС победителем Всесоюзного социалистического соревнования за успешное выполнение плано-

	вых заданий и повышенных социалистических обязательств на 1979 год с присуждением переходящего Красного знамени ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, занесением на Всесоюзную Доску почета на ВДНХ СССР и вручением Диплома ВДНХ
26 июня 1980 г.	Достиг проектного уровня мощности 1 млн. кВт третий блок
22 июля 1980 г.	Сдана шахта реактора четвертого блока
3 сентября 1980 г.	Начата графитовая кладка реактора четвертого блока. Произведена первая перегрузка топлива разгрузочно-загрузочной машиной на работающем реакторе третьего блока
26 сентября 1980 г.	Начат монтаж технологических каналов реактора четвертого блока
4 декабря 1980 г.	Включен первый главный циркуляционный насос в контуре многократной принудительной циркуляции четвертого блока. Начаты основные пусконаладочные работы
26 декабря 1980 г.	Осуществлен физический пуск реактора четвертого блока
31 января 1981 г.	Выведен на мощность реактор четвертого блока. Произведена продувка главных паропроводов паром от реактора

9 февраля 1981 г.	Выполнено успешно и досрочно обязательство, взятое строителями, монтажниками и эксплуатационниками в честь XXVI съезда КПСС,— четвертый блок с турбогенератором № 7 поставлен под промышленную нагрузку
23 февраля 1981 г.	ЦК КПСС, Совет Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ за достижение высоких результатов во Всесоюзном социалистическом соревновании, за успешное выполнение государственного плана экономического и социального развития СССР на 1980 год и десятую пятилетку признали победителем коллектив Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина с присуждением переходящего Красного знамени ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, Памятного знака ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ «За высокую эффективность и качество работы в десятой пятилетке», с занесением на Всесоюзную Доску почета на ВДНХ и вручением Диплома ВДНХ
22 июня 1981 г.	Принят в эксплуатацию четвертый блок
6 августа 1981 г.	Произведена первая перегрузка топлива разгрузочно-загрузочной машиной на работающем реакторе четвертого блока

29 августа 1981 г.	Выведен на проектный уровень мощности 1 млн. кВт четвертый блок. Вступила в строй крупнейшая в мире атомная электростанция мощностью 4 млн. кВт с уран-графитовыми реакторами кипящего типа
30 сентября 1981 г.	ЦК КПСС поздравил строителей, монтажников, эксплуатационников, машиностроителей, ученых, проектировщиков с большой трудовой победой — завершением строительства Ленинградской атомной электростанции имени В. И. Ленина и досрочным выводом ее на проектную мощность — 4 млн. кВт
8 декабря 1981 г.	Досрочно, в честь Дня энергетика, коллектив Ленинградской атомной электростанции выполнил социалистические обязательства — с начала пуска выработано 100 млрд. кВт · ч электроэнергии

НАШИ АВТОРЫ

АКУТИН В. Ф.	*лауреат премии Совета Министров СССР, заслуженный архитектор РСФСР, директор института «Ленпроект»*
БРЮНИН С. В.	*кандидат технических наук, начальник лаборатории Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники*
ВАРОВИН И. А.	*кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела Ленинградской АЭС*
ЕПЕРИН А. П.	*кандидат технических наук, лауреат Ленинской премии, директор Ленинградской АЭС*
ЕПИФАНОВ А. Ф.	*лауреат премии Совета Министров СССР, главный инженер проекта Ленинградской АЭС (Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт комплексной энергетической технологии)*
ЗЕМСКОВ А. А.	*секретарь парткома Ленинградской АЭС*
КОБЛИЦКИЙ К. А.	*Герой Социалистического Труда, начальник монтажного управления*

КРУТИКОВ П. Г.	*кандидат химических наук, лауреат премии Совета Министров СССР, начальник лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института комплексной энергетической технологии*
ПЕТРОСЬЯНЦ А. М.	*академик АН Армянской ССР, председатель Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР*
ПЕТРОВ А. Г.	*лауреат премии Совета Министров СССР, начальник электрического цеха Ленинградской АЭС*
РОМАНОВ Л. П.	*заместитель начальника строительного управления*
СУХАНОВ Б. П.	*заслуженный строитель РСФСР*
ЧЕРКАШОВ Ю. М.	*заместитель директора Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники*
ШАВЛОВ М. В.	*лауреат Государственной премии и премии Совета Министров СССР, начальник производственно-технического отдела Ленинградской АЭС*

В книге использованы фотоматериалы ТАСС, ЛенТАСС, а также А. Г. Ахламова, Ю. П. Ларина, Ю. Т. Савченко, В. П. Того, В. И. Фуникова.

В составлении принимали участие С. Н. Бочкарева и С. М. Клюкин.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 5
Имени Ленина 7
Начало 25
Всесоюзная ударная 51
В строю действующих 87
Среди сосен и дюн 121
Гордимся! Восхищаемся! Поздравляем! 163
На пороге третьего тысячелетия 175
Хроника событий 195
Наши авторы 204

Л 44 **Ленинградская АЭС**/Сост.: П. Г. Крутиков, В. В. Чепкунов.— Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1984.— 208 стр., ил.

В пер.: 85 к. 14 000 экз.

Книга, написанная известными учеными, инженерами, рабочими, посвящена трудовому коллективу крупнейшей в стране атомной электростанции, на которой работают четыре миллионных энергетических блока с реакторами РБМК. Освещена история становления предприятия, рассказано о героях пятилеток, о роли общественных организаций в выполнении планов экономического и социального развития города энергетиков.

Для широкого круга читателей, интересующихся работой современной АЭС.

Л $\frac{2304000000-110}{051(01)-84}$ 63—83

ББК 31.47
6П2.11

ЛЕНИНГРАДСКАЯ
АЭС

Редактор С. С. Полигнотова
Художественный редактор Д. Р. Стеванович
Технический редактор А. Г. Рябкина
Корректор А. М. Куминова
Оформление и макет художника В. Т. Левченко

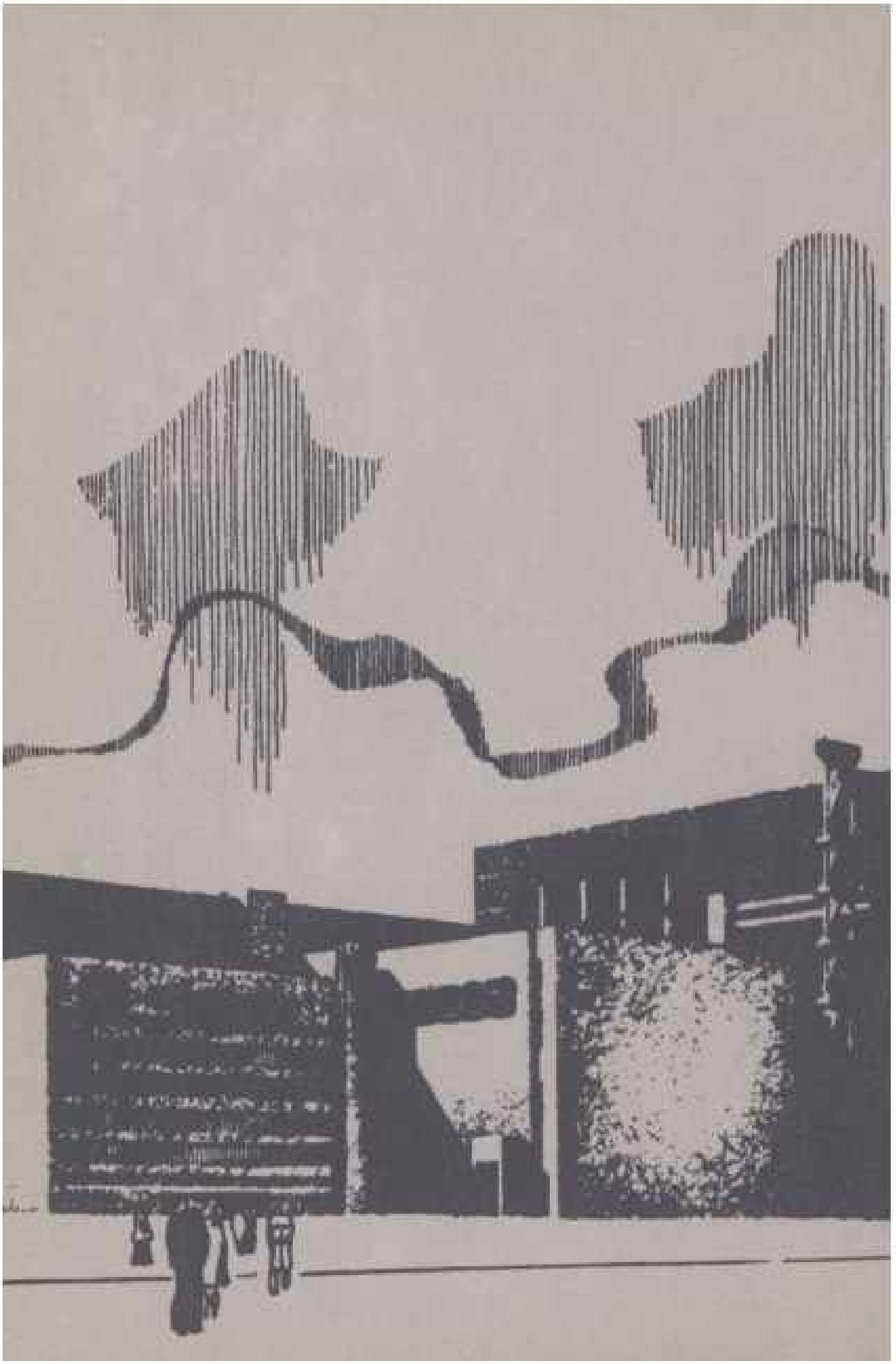
ИБ № 553

Сдано в набор 29.07.83. Подписано в печать 23.03.84. М 20540. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,09. Усл. кр.-отт. 41,04. Уч.-изд. л. 12,98. Тираж 14 000 экз. Заказ 1755. Цена 85 к.

Ленинградское отделение Энергоатомиздата. 191041, Ленинград, Марсово поле, 1.

Набрано в ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградском производственно-техническом объединении «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.

Отпечатано на Ленинградской фабрике офсетной печати № 1 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197101, Ленинград, ул. Мира, 3.



85 к.

ЛЕНИНГРАДСКАЯ АЭС