



**ПЕРВАЯ  
В МИРЕ  
АТОМНАЯ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

**THE FIRST  
IN THE WORLD  
NUCLEAR  
POWER PLANT**

*К 60-летию со дня пуска*

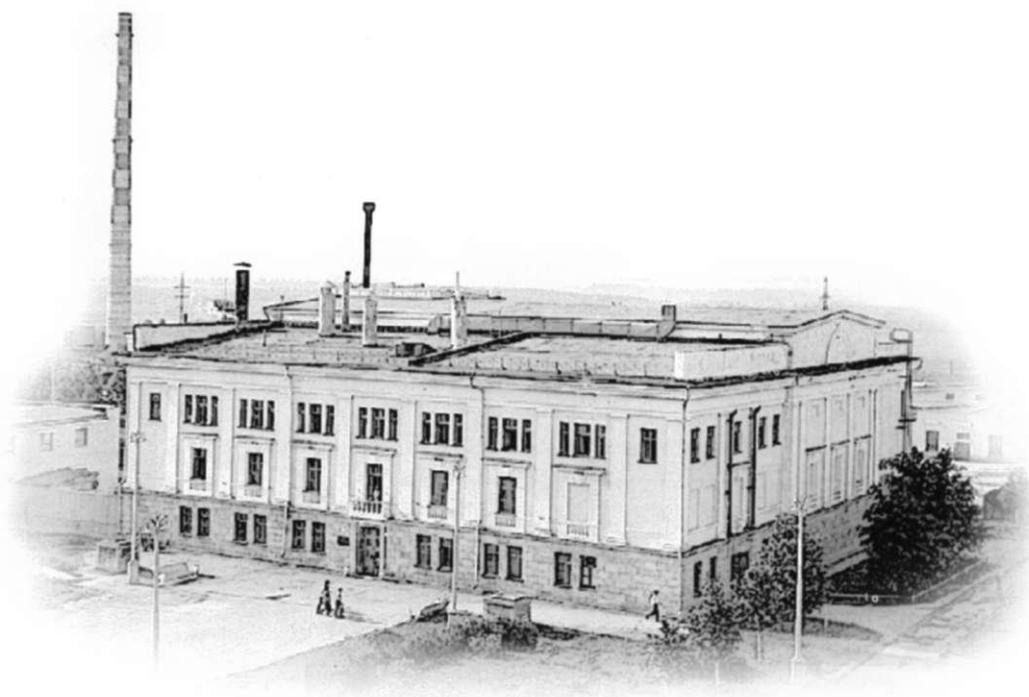
*To the 60-th anniversary of commissioning*

# **ПЕРВАЯ В МИРЕ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

Документы, статьи, воспоминания, фотографии

# **THE WORLD'S FIRST NUCLEAR POWER PLANT**

Documents, articles, memoirs, photographs





**ПЕРВАЯ В МИРЕ АЭС**

## ОТ РЕДАКТОРА

Даже сейчас, спустя 60 лет с момента пуска, трудно переоценить роль Первой атомной электростанции в Советском Союзе, ставшей для всех государств реальным примером мирного использования атомной энергии. Это событие, ознаменовавшее собой начало новой эры в энергетике, опиралось на успехи, достигнутые всем предшествующим развитием отечественной и зарубежной физики. И не вина ученых, что первым практическим подтверждением возможностей ядерной энергии стала атомная бомба. Зная историю, подобное развитие событий нетрудно было предугадать...

Мощность Первой атомной электростанции была небольшой и по меркам того времени. Тем не менее, для нашей страны ее пуск был значительным технологическим достижением, а сама АЭС послужила основой для создания и развития коммерческих энергетических ядерных реакторов новых типов. Необычайно велик был и общественно-политический резонанс, вызванный этим событием: Первая АЭС стала важным аргументом для пропаганды мирного атома как внутри страны, так и на внешнеполитической арене. А отношение ученого сообщества впервые ярко проявилось на Первой Международной конференции ООН по мирному использованию атомной энергии в Женеве в августе 1955 г., когда её участники, в нарушение установленного регламента, стоя, аплодисментами встретили доклад советской делегации о создании и пуске атомной электростанции.

Историческая заслуга Первой АЭС в процессе становления и развития новой отрасли энергетики несомненна. Как несомненно и то, что Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века и Энергетическая стратегия России до 2020 года, разработанные Минатомом и одобренные Правительством в 2000 году, а также все федеральные целевые программы, направленные на развитие атомного энергопромышленного комплекса России, принятые в последние годы, уходят своими корнями в славную историю Атомной отрасли, одной из важнейших вех которой стала Первая в мире атомная электростанция, созданная самоотверженным трудом отечественных ученых, специалистов и рабочих в далеком 1954 году на площадке Физико-энергетического института в Обнинске.

Этот сборник подготовлен к 60-летию со дня пуска Первой АЭС. В него вошли статьи и воспоминания создателей станции, документы и фотографии из Архива Президента Российской Федерации, Центратомархива Госкорпорации «Росатом», Архива ГНЦ РФ–ФЭИ. Факсимильная форма публикации документов принята для того, чтобы приблизить читателя к зримой памяти эпохи, в которую жили и творили создатели Первой АЭС.

А.А. Говердовский,  
генеральный директор ГНЦ РФ – ФЭИ



## EDITORIAL NOTES

Even now, 60 years after the NPP commissioning, the role of the World's First Nuclear Power Plant can be hardly overestimated. It was constructed in the Soviet Union and actually exemplified peaceful use of nuclear energy for all the states. That event which heralded the onset of a new area in nuclear power rested on the achievements gained in the course of the entire preceding development of foreign and domestic physics. And it is not the scientists' fault that it was a nuclear bomb that became the first practical confirmation of nuclear power feasibilities. Based on deep knowledge of history, it could be easily foreseen...

The First Nuclear Power Plant capacity was not high even for those times. Nevertheless, its commissioning was a great technological achievement for our country; and the NPP as it was gave rise to development and construction of new types of commercial nuclear power reactors. There was an extraordinary high political and public response caused by that event: the First NPP had become an important argument in favour of "peaceful atom" advocacy both inside the country and in the foreign policy arena. And the attitude of the scientific community to that fact was for the first time brightly manifested at the United Nations First International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy in Geneva in August 1955, when, contrary to the established procedure, its participants stood up and gave the ovations to the presentation made by the Soviet delegation on the NPP development, construction and commissioning.

Historic merits of the First NPP in the course of development of a new power industry are beyond any doubts. So is the fact that the Strategy of Nuclear Power Development in Russia for the first half of the XXI century and the Energy Strategy of Russia till 2020 developed by Minatom and approved by the Government in 2000, as well as the recent Federal Target Programs aimed at developing nuclear power and industrial complex of Russia are rooted in the glorious nuclear industry history. And one of the major milestones in this history was the World's First Nuclear Power Plant that was created as a result of selfless labour of national scientists, specialists and workers at the Institute of Physics and Power Engineering site in Obninsk as far back as in 1954.

This book has been prepared by the 60-th anniversary of the First NPP commissioning. It contains the articles and reminiscences written by those people who were directly involved in the plant designing and construction; the documents and photos from the Archive of the President of the Russian Federation, the State Corporation "Rosatom" Central Archive and the SSC RF – IPPE Archive. The replica form of publication of the documents was followed with the idea to bring the readers closer to the tangible memories of the epoch when those who created the First NPP lived and worked.

A.A. Goverdovski,  
SSC RF – IPPE Director General

# Предисловие

## К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ПЕРВОЙ В МИРЕ АЭС

Ю.В. ФРОЛОВ

### ВЫБОР ПРОЕКТА

<sup>1)</sup>В 1922 г., задолго до открытия нейтрона и реакции деления ядер урана под их воздействием, В.И. Вернадский писал: «Недалеко то время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться через столетия. Но ясно, что это должно быть. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать силу, которую неизбежно должна дать ему наука?..».

И хотя, размышляя о перспективах атомной энергии, он иногда спрашивал себя сам: «Любопытно, ошибаюсь я или нет?», — после знаменитого открытия О. Гана и Ф. Штрассмана он сделал все возможное, чтобы убедить Правительство СССР в необходимости работы над этой проблемой, чтобы еще до начала войны объединить разрозненные исследования в единую комплексную и целенаправленную программу работ «по практическому использованию внутриатомной энергии урана».

Несмотря на скепсис некоторых ученых, дискуссии и обсуждения в АН СССР, связанные с инициативой В.И. Вернадского, привели к разработке ряда интересных технических предложений, к более глубокому обсуждению различных реакторных концепций. В рамках этой программы были проведены эксперименты по разделению изотопов урана, ряд ядерно-физических исследований, расчеты «критических размеров и массы, необхо-

димых для цепного деления ядер нейтронами», проанализировано состояние урановых месторождений, технологии переработки урановых руд, намечены меры по расширению геологоразведочных работ и др.

В 1940-1941 гг. в СССР рассматривалось несколько схем развития цепной реакции и, по свидетельству И.В. Курчатова, только одна из них («смесь обогащенного легким изотопом урана с водой») была признана пригодной для создания ядерного реактора. Неутешительным был и анализ практических возможностей решения проблемы (нет необходимых для эксперимента запасов урана и тяжелой воды, не разработаны методы разделения изотопов урана, позволяющие быстро выделить уран-235 в необходимом количестве, нет экспериментальной базы для ядерно-физических исследований и др.). Таково было положение на начало войны, когда все ядерные исследования в стране были прерваны.

После возобновления в 1942 г. работ «по урану» проблема «получения уранового топлива» сначала присутствует в решениях Госкомитета обороны, в отчетах И.В. Курчатова как альтернатива (или бомба, или топливо), а затем как возможная перспективная задача. Цель всех реакторных проработок того времени — создание промышленного реактора.

И.В. Курчатов восторженно встречает информацию разведки о пуске в США под руководством Э. Ферми критического реактора, оценивая ее как «сообщение исключительной важности», а само событие — как

«крупнейшее явление в мировой науке и технике». В 1944 г., докладывая И.В. Сталину о результатах работы, он отмечает, что «хотя использование энергии урана и связано с решением труднейших задач, опасность применения атомных бомб и энергетические перспективы атомных котлов настолько существенны для государства, что всемерное развитие работ по урану является действительно необходимым».

20 августа 1945 г., вскоре после взрыва атомных бомб в Японии, для руководства всеми работами по использованию атомной энергии Государственный комитет обороны создает Специальный комитет<sup>2)</sup> (председатель Л.П. Берия) и Первое главное управление при СНК СССР<sup>3)</sup> (начальник Б.Л. Ванников). Были определены и две главные практические задачи этих органов: «строительство атомно-энергетических установок и разработка и производство атомной бомбы».

Естественно, что в 1945-1949 гг. и основные усилия ученых, и материальные ресурсы были направлены на создание атомной бомбы. Но уже в октябре 1945 г. П.Л. Капица первым ставит перед Спецкомитетом вопрос о необходимости организации работ по мирному использованию атомной энергии. В декабре 1945 г., оценивая сложившуюся ситуацию, П.Л. Капица писал: «...То, что происходит сейчас, когда атомную энергию расценивают первым делом как средство уничтожения людей, также мелко и нелепо, как видеть главное значение электричества в возможности постройки электрического стула». Он считал, что «главное значение технического использования атомных процессов это то, что в руки человечества дан новый могущественный источник энергии». Вскоре по требованию Л.П. Берии его исключают из состава Спецкомитета и инициатива переходит к президенту АН СССР С.И. Вавилову, который в апреле 1946 г. дает свои предложения по работам в этой области. В их обсуждении и подготовке первых планов участвовали А.Ф. Иоффе, И.В. Курчатов, А.И. Лейпунский, А.И. Алиханов, Н.Н. Семенов, Ю.Б. Харитон, Д.В. Скобельцын, Г.М. Франк, В.С. Емельянов, Б.С. Поздняков.

И здесь впервые упоминаются темы, связанные с атомной энергетикой и проблемой создания энергетических реакторов: «Использование атомной энергии в народном хозяйстве (энергетика, транспорт)»,

«Использование урановых котлов для генерации электрической энергии» и др. и даже экзотические для того времени «Поисковые работы по вопросу прямого преобразования радиоактивного излучения в другие формы энергии».<sup>4)</sup>

В план, подготовленный по предложению С.И. Вавилова и утвержденный СМ СССР в декабре 1946 г., вошла тема «Пути использования ядерных реакций для энергетических установок». Работа поручалась Институту химической физики, Лабораториям № 2<sup>5)</sup> и № 3<sup>6)</sup> АН СССР с «привлечением к разработке соответствующих вопросов» Центрального котлотурбинного института (ЦКТИ) и Всесоюзного теплотехнического института (ВТИ).<sup>7)</sup>

Трудно сказать точно, что конкретно было сделано по этому поручению. По косвенным данным удалось установить, что в документах Лаборатории № 2 есть упоминания о записке Г.Н. Флёрова «Пути использования реакторных систем», о реакторах на быстрых нейтронах, уран-графитовых реакторах с водяным или газовым теплоносителем, где, возможно, речь шла и об их энергетическом использовании. Самым важным достижением 1946 г., несомненно, стало создание и пуск в декабре 1946 г. на территории Лаборатории № 2 реактора (критической сборки) Ф-1.

С 1947 г. большее внимание атомной энергетике начинает уделять Научно-технический совет ПГУ<sup>8)</sup>, который объективно был в тот период главным координирующим и экспертным органом по всем научно-исследовательским работам в рамках советского атомного проекта. В конце 1946 – начале 1947 гг. по поручению председателя НТС Б.Л. Ванникова ученый секретарь этого совета Б.С. Поздняков готовит на основе выполненных в СССР работ и анализа материалов, опубликованных в зарубежной печати, записку «Энергосиловые установки на ядерных реакциях». 24 марта 1947 г., рассмотрев ее, НТС признает, «что в настоящее время следует приступить к научно-исследовательским и подготовительным проектным работам по использованию энергии ядерных реакций для энергосиловых установок, имея в виду заблаговременно подготовить развитие работ в этом направлении».

Важным для дальнейшего развития событий было и создание в 1946 г. Лаборатории «В»<sup>9)</sup> – первой в СССР научно-исследо-

вательской организации для разработки энергетических реакторов.

Уже в 1946 – начале 1947 гг. в Лаборатории «В» проводится изучение возможности создания «урановой машины с обогащенным ураном и легкой водой», «дающей энергию в технически применимом количестве». Курировавший научную работу Лаборатории «В» А.И. Лейпунский в начале 1947 г. поручает ей «выяснение проблем, связанных с модельными опытами на урановых котлах с бериллием как тормозящим веществом».

К концу 1947 г. на основе выполненных работ определены типы энергетических реакторов, по которым планировались предварительные проработки:

- «Агрегат с гелиевым охлаждением на обогащенном уране мощностью до 500 тыс. кВт» – Лаборатория № 2;
- «Агрегат с газовым охлаждением на натуральном или слабо обогащенном уране мощностью до 200 тыс. кВт» – ИФП АН СССР;
- «Агрегат с водяным охлаждением на слабо обогащенном уране мощностью до 300 тыс. кВт» – Лаборатория № 2;
- «Агрегат с торием и обогащенным ураном, с тяжелой водой» – Лаборатория № 3;
- «Агрегат на обогащенном уране с бериллиевым замедлителем и газовым охлаждением мощностью до 500 тыс. кВт» – Лаборатория «В».

К работам были привлечены проектные и научно-исследовательские организации, ставшие основой будущей кооперации в решении проблем атомной энергетики (НИИ-Химмаш, ГСПИ-11, ВИАМ, ВТИ, ОКБ «Гидропресс», ЦКТИ, ГИПХ, ЦАГИ, ИФХ, ФХИ, ЭНИН)<sup>10</sup>.

По свидетельству С.М. Фейнберга, в 1948-1949 гг. в Лаборатории № 2 велись «изыскания новых типов атомных котлов, предназначенных для производства ядерного горючего из неактивных элементов (урана-238 и тория-232) либо для двигателей», но, как он отмечает, «до последнего времени довели более первоочередные задачи». И действительно, до испытания первой атомной бомбы, в ведущих организациях работы, прямо не связанные с этой задачей, развивались медленно. Поэтому к концу 1949 г. из пяти запланированных в 1947 г. к проектированию энергетических установок только по двум, разработку которых вели Институт физических проблем (ИФП) и Ла-

боратория «В», были подготовлены проектные материалы.

Сразу после испытания атомной бомбы в ПГУ к проблеме развития энергетических реакторов обращаются А.И. Лейпунский и С.М. Фейнберг.

А.И. Лейпунский обращает внимание на необходимость «шире развить работы по различным энергетическим системам с целью их сопоставления и выбора наиболее эффективных путей» и предлагает обсудить этот вопрос на НТС для выработки перспективной программы. Он считает возможным начать в Лаборатории «В» работы по реакторам на быстрых и промежуточных нейтронах и др.<sup>11</sup>

С.М. Фейнберг в записке «Атомная энергия для промышленных целей» (4 ноября 1949 г.), проанализировав различные варианты использования «атомных двигателей», приходит к выводу, что на тот момент строительство атомных электростанций экономически нецелесообразно<sup>12</sup> и следует предусмотреть получение электроэнергии на промышленных реакторах. К первоочередным задачам он отнес «разработку конструкции атомного двигателя» для подводных лодок, разработку «схем конструкции атомного двигателя для авиации», «если, – как он отметил, – вопрос стоимости топлива отодвигается на второй план».

Очень важным для дальнейшего развития работ было предложение С.М. Фейнберга о создании экспериментальной установки «для испытания материалов, изучения ядерно-физических констант и отработки основных узлов конструкции атомных двигателей» – первой экспериментальной базы атомной энергетики.<sup>13</sup> (Видимо проект этого опытного реактора, разработанного С.М. Фейнбергом, Г.Н. Кружилиным и С.А. Скворцовым, был первым проектом ЛИП АН СССР, связанным с энергетикой).

И Лейпунский, и Фейнберг настаивали на срочном рассмотрении подготовленных Лабораторией «В», ИФП и ЛИПАН проектных материалов по энергетическим реакторам.

18 ноября 1949 г. председатель Спецкомитета Л.П. Берия поручает ПГУ дать предложения о «возможности разработки проектов силовых установок и двигателей с применением атомной энергии».

29 ноября 1949 г. НТС ПГУ рассматривает первые подготовленные в СССР проекты энергетических реакторов:

— Опытный реактор «Л» мощностью 10 тыс. кВт на обогащенном уране с бериллиевым замедлителем и гелиевым охлаждением — Лаборатория «В», ГСПИ-11;

— Опытный реактор «Шарик» мощностью 10 тыс. кВт на слабо обогащенном уране с графитовым замедлителем и гелиевым охлаждением — ИФП, ОКБ «Гидропресс».

После анализа экспертных заключений и обсуждения НТС рекомендует для первоочередного строительства проект реактора «Шарик» и принимает решение о продолжении исследований по бериллиевому реактору «Л» с переносом начала строительства на более поздний срок.<sup>14)</sup>

Второе важное решение этого заседания — Лаборатория «В» определяется как база для строительства опытных энергетических установок с объединением некоторых их систем. Однозначно определяется и цель создания этих установок: «изучение вопросов о применении их в первую очередь в качестве судовых двигателей для крупных кораблей и подводных лодок».

А далее, в этот же день, происходит другое и несколько неясное по своим побудительным причинам событие: после заседания НТС собирается совещание в узком составе (И.В. Курчатов, А.П. Александров, Н.А. Доллежал, Б.С. Поздняков), на котором обсуждается сообщение Н.А. Доллежала «О проектах реакторов с графитом».

Речь шла о разработке по заданию А.П. Александрова (в то время директора ИФП) предварительного проекта реактора для энергетических целей на обогащенном до 4,5 % уране (около 1 т), природном уране (15–20 т) и тории (10–20 т).

Совещание рекомендовало включить в план на 1950 г. проект промышленного реактора АВ «с одновременным использованием тепла для энергетических целей и производством плутония» и проект «реактора на обогащенном уране с небольшими габаритами только для энергетических целей общей мощностью по тепловыделению в 300 единиц, эффективной мощностью около 50 единиц» с графитом и водяным теплоносителем. (Это — первое упоминание о реакторе АМ — реакторе будущей Первой АЭС, в известных нам документах сведений о существовании на этот момент каких-либо проектных материалов по реактору АМ нет). Были также даны указания о срочном проведении физических рас-

четов и экспериментальных исследований по этому реактору.

Как представляется, следует признать, что это «силовое» решение, чем бы оно не было вызвано, стало в тех условиях самым оптимальным, наиболее реалистичным, позволяющим максимально использовать имеющиеся ресурсы, опыт и открывающим самый быстрый путь к цели. Позднее И.В. Курчатов и А.П. Завенягин объясняли выбор реактора АМ для первоочередного строительства тем, «что в нем может быть более, чем в других агрегатах, использован опыт обычной котельной практики: общая относительная простота агрегата облегчает и удешевляет строительство».

В подготовленной по поручению Л.П. Берии в декабре 1949 г. записке И.В. Курчатов и Б.С. Поздняков подробно анализируют проблемы, связанные с созданием атомных электростанций, считают необходимым развитие НИР в их обоснование, но и они, и ПГУ первоочередными признают организацию двухцелевого использования промышленных реакторов («использование для выработки электроэнергии тепла атомных котлов, производящих плутоний») и разработку проектов реакторов «на атомной энергии для подводных и надводных кораблей, для самолетов и ракетных снарядов».

В конце 1949 — начале 1950 гг. в ЛИПАН под руководством И.В. Курчатова проводятся физические расчеты и другие проработки, а в НИИХиммаш под руководством Н.А. Доллежала — разработка предварительного проекта «корабельного реактора». «Корабельный реактор» — это «реактор на обогащенном уране высоконапряженного типа применительно к корабельной энергосиловой установке с мощностью паровой турбины около 25 000 кВт», с графитом и охлаждением водой.

11 февраля 1950 г. на совещании у начальника ПГУ Б.Л. Ванникова проект «корабельного реактора» оценивается как исходный и принимается решение в его обоснование построить на территории Лаборатории «В» «экспериментальную установку полупромышленного типа (установка АМ) мощностью по тепловыделению в 30 тыс. кВт и 5 тыс. кВт по паровой турбине, использующую обогащенный до 3–5 % уран в количестве 300 кг для этого реактора с графитовым замедлителем и водяным охлаждением».

Это решение, как считали участники совещания, обосновано ограниченностью «ре-

сурсов расщепляющихся материалов», а также тем, что важнейшей задачей первого периода является «принципиальное подтверждение на опытных установках практической возможности преобразования тепла ядерных реакций атомных установок в механическую и электрическую энергию».

Таким образом, в отдельную опытную установку АМ была выделена энергетическая составляющая «корабельного реактора».

28 марта 1950 г. в предложениях ПГУ к плану работ на 1950 г. по использованию атомной энергии в народном хозяйстве (предложения подписали А.П. Завенягин и Б.С. Поздняков) выделяется отдельным пунктом направление «Применение тепла ядерных реакций для выработки электроэнергии и силовых установок кораблей и самолетов», которое предусматривает разработку технического проекта установки АМ («Предварительный проект этого агрегата разработан. Агрегат предполагается построить в Институте «В»<sup>15)</sup> с турбиной 5 тыс. кВт, с целью проверки его конструкции и эксплуатационной надежности. По этому образцу можно будет осуществлять котлы для подводных лодок такой же и более высокой мощности»).

16 мая 1950 г. Постановлением СМ СССР был принят план работ по созданию на площадке Лаборатории «В» опытной энергетической установки В-10 с тремя реакторами на обогащенном уране-235: «уран-графитовый реактор с водяным охлаждением (агрегат АМ), уран-графитовый реактор с гелиевым охла-

ждением (агрегат ШГ) и уран-бериллиевый реактор с газовым охлаждением или охлаждением расплавленным металлом (агрегат ВТ)». 29 июля 1950 г. другим Постановлением СМ СССР Н. А. Доллежал был утвержден «руководителем работ по разработке новых типов энергетических и силовых атомных установок», Д.И. Блохинцев — его заместителем по физическим вопросам, Б.М. Шолкович — заместителем по инженерным вопросам.

К этому времени идея проекта приобретает уже более четкие очертания и в докладной записке ПГУ от 30 июня 1950 г. в адрес председателя Спецкомитета Л.П. Берия говорится, что «в Лаборатории «В» будет построена электростанция с тепловой турбиной, работающей на тепле, получаемом из ... опытных атомных энергетических агрегатов». А так как наиболее подготовленным из «опытных агрегатов» был проект установки АМ, опиравшийся на опыт создания уран-графитовых реакторов, именно эта установка была выбрана в качестве реактора АЭС.

По мере расширения тематической направленности работ по использованию атомной энергии, важность воплощения этого проекта возрастала: «Вводом в действие установки АМ должна быть решена основная принципиальная задача проблемы — преобразование атомной энергии, выделяющейся при ядерном цепном процессе, в механическую или электрическую энергию» — констатируют руководители ПГУ в письме, направленном в Спецкомитет в августе 1952 г.

## ВОПЛОЩЕНИЕ ПРОЕКТА

В июне 1951 г. Постановлением СМ СССР ответственными за сооружение АЭС назначаются руководители Лаборатории «В» Д.И. Блохинцев (научное руководство) и

П.И. Захаров<sup>1)</sup> (строительство). Тогда же все проектные материалы по АМ передаются из ЛИПАН в Лабораторию «В». Таким образом, с этого времени Лаборатория «В» становит-

<sup>1)</sup> *Захаров Петр Иванович* (1907–1965), инженер-строитель, инженер-полковник. Окончил Днепропетровский инженерно-строительный институт (1933). С 1933 г. работал начальником стройуправления и зам. главного инженера на строительстве Луганского паровозостроительного завода, с 1934 г. — начальник производственно-технического отдела и зам. главного инженера Военно-строительного управления Киевского военного округа, с 1938 г. — инструктор, с 1939 г. — зав. отделом промышленности, в 1941 г. — секретарь ЦК Компартии Украины по строительству, с 1942 г. — комиссар Инженерного управления Сталинградского, затем Донского фронтов, в феврале-ноябре 1943 г. — заместитель зав. металлургическим отделом ЦК ВКП(б) (Москва), с 1943 г. — зам. секретаря ЦК Компартии Украины, с 1944 г. — зам. министра жилищно-гражданского строительства УССР, с 1945 г. — начальник треста «Крещатикистрой», с июля 1946 г. — зам. начальника треста «Челябметаллургстрой» на строительстве Комбината № 817 (ПО «Маяк» Челябинск-40), с 24.06.1947 — начальник строительства Объекта «В» и одновременно Лаборатории «В», в 1950–1953 гг. — 1-й зам. директора Лаборатории «В». В августе 1953 г. П.И. Захаров переведен на должность начальника Управления строительства в г. Дубна. За вклад в строительство Первой АЭС награжден орденом Ленина (1956).

ся и заказчиком, и научным руководителем всех последующих разработок по проекту Первой АЭС. Главным конструктором реактора остается НИИхиммаш (Н.А. Доллежал), общий проект АЭС разрабатывается Ленинградским ГСПИ-11 под руководством А.И. Гугова, парогенераторы — ОКБ «Гидропресс» под руководством Б.М. Шолковича.

Несмотря на то, как писал Д.И. Блохинцев двадцать лет спустя, что «принципиальная схема атомной электростанции чрезвычайно проста, можно сказать, что она немногим сложнее самовара, с той лишь разницей, что вместо угля «горит» уран, а пар идет в турбину», «в этой видимой простоте схемы заключено большое коварство: в атомном реакторе, где расщепляется уран, происходит множество сложных и порою темных процессов, которые, не будучи точно учтены, способны превратить самый увлекательный проект в пустой клочок бумаги... Сперва все казалось очень просто, но вскоре мы поняли, что проект был в стадии лишь первой ясности. Предстояла огромная работа... Количество проблем, которые предстояло решить, нарастало по мере углубления в работу над реактором»<sup>16)</sup>.

За этими словами Д.И. Блохинцева скрыта история о том, как первоначальная надежда на то, что в основном удастся воспользоваться готовыми техническими решениями, реализованными в проекте первого уран-графитового промышленного реактора А, введенного в эксплуатацию летом 1948 г. на Комбинате № 817, оправдалась не в полной мере. Контуры будущего реактора АМ были намечены в физической записке, выпущенной ЛИПАН в конце 1950 г. Предыдущий опыт позволил воспользоваться разработанными технологиями получения чистого графита и урана, разработками систем контроля и управления реактором. Однако проектные материалы по реактору АМ были переданы в июне 1951 г. в Лабораторию «В» без технических решений по целому ряду важнейших проблем, в частности, — по твэлам. Вот почему окончательный проект АЭС отличался от первоначального, и основная разработка его была проведена Лабораторией «В».

С начала 1952 г. после анализа полученных из ЛИПАН документов Д.И. Блохинцев инициирует проведение в Лаборатории «В» нового цикла расчетных исследований по всему перечню физических параметров реактора: обогащению урана, критической нагруз-

ке, продолжительности кампании, эффективности стержней управления реактором, эффектам реактивности, сравнению эффективности отражателя и замедлителя из графита и бериллия, активности сбрасываемых через вентиляцию газов, активности теплоносителя, тепловыделению в графитовой кладке и др. Наибольшие трудности были связаны с оценкой эффективности воды, находящейся в топливных каналах и каналах системы управления и защиты ректора, а также аварийной воды, которая попадает в графитовую кладку реактора в случае разрыва трубок топливного канала.<sup>17)</sup>

В теоретическом отделе Лаборатории «В», руководство которым Д.И. Блохинцев оставил за собой, изучались отдельные, «наиболее тонкие вопросы теории реактора на тепловых нейтронах». Основные физические расчеты реактора для АЭС были сосредоточены в отделе А.К. Красина (заместитель научного руководителя по созданию АЭС, координировавший экспериментальные и расчетные исследования) и выполнялись группой М.Е. Минашина. Главной задачей этих расчетов было определение и выбор физических характеристик реактора, определение необходимой загрузки реактора топливом, изучение его поведения при аварийных ситуациях и др. Анализ аварии с потерей герметичности трубки топливного канала и поступлением воды из него в графитовую кладку реактора показал возможность неуправляемого повышения мощности реактора с последующем его разрушением. Уточнение расчетного анализа этой аварийной ситуации и разработка корректирующих мер проводились с участием И.В. Курчатова вплоть до пуска реактора. Наихудшие предположения не подтвердились.

Главная идея проекта реактора АМ состояла в применении трубчатого твэла, в котором поток воды для теплосъема движется внутри трубки, а уран находится снаружи и должен иметь надежный тепловой контакт со стенкой трубки. Создание такого твэла (как признавал и сам главный конструктор установки АМ Н.А. Доллежал<sup>18)</sup>) было наиболее трудной проблемой. К началу проектирования способ изготовления трубчатых твэлов не был известен. Многочисленные попытки ряда институтов (ЛИПАН, НИИ-9, НИИ-13)<sup>19)</sup> изготовить опытные образцы, способные выдержать проектные тепловые нагрузки с термоцикли-

рованием, заканчивались неудачами. Поэтому в работу включились технологи Лаборатории «В» под руководством В.А. Малых<sup>\*)</sup>. В конце 1952 г. они разработали твэл, конструкция которого допускала осуществление многих термоциклов и выдерживала нагрузки в три с лишним раза превышающие проектные.

Строительство здания Первой АЭС началось в сентябре 1951 г. Разработка технических проектов основных систем и конструкций оборудования АЭС, включая реактор, была в основном закончена к началу 1953 г. Однако детальную проработку конструкций и определения режимов эксплуатации, рассмотрения аварийных режимов, испытаний нового оборудования, которые часто выявляют нерешенные проблемы и требуют иногда пересмотра ранее принятых технических решений, провести не успевали, потому что существовало Постановление СМ СССР от

09.01.1953 № 204-125 о пуске установки АМ в третьем квартале 1953 г. По состоянию работ этот срок оказался нереальным: монтажные работы на установке АМ начались только в октябре 1953 г. В целом, как отмечают участники работ, 1953 г. был особо напряженным для всех разработчиков проекта, строителей и монтажников.<sup>20)</sup>

С сентября 1953 г. начали формировать коллектив атомной станции. В это время были подобраны и назначены начальник АЭС Н.А. Николаев<sup>\*\*)</sup> и главный инженер АЭС А.Н. Григорьянц<sup>\*\*\*)</sup>. Большое значение имел перевод в Лабораторию «В» опытных специалистов из других институтов и предприятий отрасли. Так из ЛИПАН пришел Б.Г. Дубовский<sup>\*\*\*\*)</sup>, с Комбината № 817 — первый начальник АЭС Н.А. Николаев, начальник смены Г.Н. Ушаков, руководители служб И. Морозов, А. Попов, П. Забелин и др.

<sup>\*)</sup> *Малых Владимир Александрович* (1923–1973), конструктор-технолог, доктор тех. наук (1956), профессор (1965). С 1946 г. учился на физфаке МГУ, одновременно работал лаборантом в НИИ физики МГУ. В 1949 г., не окончив учебу, перешел в Лабораторию «В», в 1953 г. был назначен заведующим научным отделом, с 1962 г. — заведующий Технологическим сектором и одновременно с 1964 г. — заместитель директора ФЭИ по научной работе. В 1970–1973 гг. работал в ВНИИ технической информации, классификации и кодирования (Москва). Предложил конструкцию и руководил созданием твэла для реактора АМ Первой АЭС. Конструктор-технолог твэлов для реакторов атомных подводных лодок, охлаждаемых жидкометаллическим теплоносителем свинец-висмут, твэлов для космических ЯЭУ БУК и ТОПАЗ с теплоносителем натрия-калий. Герой Социалистического Труда (1966). Ордена: Ленина (1956, 1966), Трудового Красного Знамени (1962). Ленинская премия (1957). В его честь в ФЭИ установлена мемориальная доска (1993).

<sup>\*\*)</sup> *Николаев Николай Андреевич* (1912–1968), инженер-теплотехник. Окончил Куйбышевский индустриальный институт (1937). С 1937 г. — инженер ТЭЦ на нефтеперерабатывающем заводе в Уфе, с 1949 г. — директор Кемеровской ГРЭС. В атомной отрасли с 1951 г.: зам. начальника, затем начальник промышленного реактора АВ-1 на плутониевом Комбинате № 817 (Челябинск-40), в 1954-1955 гг. — начальник здания 102 (Первая АЭС) Лаборатории «В», с 1956 г. — зам. начальника, затем начальник Управления энергетических установок, с 1962 г. — Управления транспортных (судовых) установок, в 1965-1968 гг. — Управления атомных энергетических установок Министерства среднего машиностроения СССР. Орден Ленина (1956, 1959).

<sup>\*\*\*)</sup> *Григорьянц Артем Николаевич* (1916–2002), физик, кандидат тех. наук (1957). Окончил МГУ. С 1951 г. — зав. лабораторий, с 15.09.1953 — главный инженер здания 102 (Первая АЭС), с 10.06.1955 — начальник и главный инженер Первой АЭС, с 01.01.1958 переведен из Лаборатории «В» «в связи с назначением начальником отделения электростанций Управления энергетических установок Министерства». Орден Трудового Красного Знамени (1956). *А.Н. Григорьянц умер 29 апреля, в день остановки реактора Первой АЭС.*

<sup>\*\*\*\*)</sup> *Дубовский Борис Григорьевич* (1919–2008), физик, доктор тех. наук (1966), профессор (1975). Окончил Харьковский университет (1940). С 1940 г. аспирант УФТИ (Харьков), с 1941 г. в Действующей армии. В 1944 г. после ранения принят в Лабораторию № 2, в 1953–1991 гг. работал в ФЭИ (в 1958–1977 гг. — начальник отдела ФЭИ, обеспечивавшего ядерную безопасность предприятий атомной отрасли СССР). Участвовал в создании и пуске (25.12.1946) первого в СССР ядерного реактора Ф-1, сооруженного в Лаборатории № 2, первого промышленного плутониевого реактора «А» (с 1952 г. — научный руководитель эксплуатации) на Комбинате 817 (ныне ПО «Маяк», г. Озерск), руководил физпуском реактора Первой АЭС (1954), физпуском двух реакторных блоков Белоярской АЭС (1-я очередь, 1963–1967 гг.). Был председателем секции НТС отрасли по обеспечению ядерной безопасности, участвовал в разработке безопасной технологии эксплуатации уран-графитовых реакторов. Ордена: Ленина (1949), Отечественной войны (1944, 1946), Трудового Красного Знамени (1962), «Знак Почета» (1956). Сталинская премия (1949, 1951).

Огромную помощь Лаборатории «В» в создании Первой АЭС оказывали руководители ПГУ, опытные ученые и специалисты других институтов и предприятий. Как вспоминал М.Е. Минашин, с начала монтажа оборудования на станции почти безотлучно находился Е.П. Славский, приезжали И.В. Курчатов, А.П. Александров, главный конструктор реактора Н.А. Доллежалъ и его ближайший помощник П.И. Алешенков. Славский фактически взял на себя руководство монтажными работами, Курчатов больше занимался физикой реактора, Александров дополнял Курчатова в части инженерно-производственных вопросов, Доллежалъ четко представлял себе принципы продолжения проектирования и создания будущих блоков новых реакторов типа Первой АЭС с трубчатой конструкцией твэлов.<sup>21)</sup>

Конечно же, роль Курчатова, осуществлявшего общее научное руководство советским атомным проектом, была гораздо выше, а иногда имела решающее значение. Достаточно вспомнить эпизод, который приводит в своих воспоминаниях Д.И. Блохинцев, когда И.В. Курчатов спас проект от закрытия.

Сам Д.И. Блохинцев, как научный руководитель проекта, занимался не только физическими вопросами сооружения реактора, но и вопросами создания твэлов, и всеми инженерными проблемами. Его рабочий день,

как вспоминают участники работ, продолжался не менее 15 часов и вряд ли он имел выходные.<sup>22)</sup>

Проектирование Первой АЭС проводилось лишь с минимальным объёмом экспериментальных работ, поэтому расчетчиками было выдвинуто предложение о создании экспериментального стенда.

Этот стенд – критическая сборка активной зоны реактора АМ из графита, урана и воды с трубчатыми твэлами, названная впоследствии «физ. стендом АМФ», – собирался в главном корпусе института прямо под кабинетом директора Д.И. Блохинцева. Целью являлось получение экспериментальных данных, позволяющих проверить правильность методики расчёта и выбора параметров. АМФ достиг критического состояния 3 марта 1954 г., на нем впервые в Обнинске была осуществлена цепная реакция деления урана. Проведённые эксперименты показали, что больших ошибок, по крайней мере на начало кампании АЭС, не будет. В создании и пуске стенда принимали участие А.К. Красин, Б.Г. Дубовский, М.Е. Минашин, Г.Н. Ушаков и др.

К марту 1954 г. был готов первый комплект твэлов для реактора АМ, изготовленных на Машиностроительном заводе в г. Электросталь, закончен монтаж систем АЭС и 5 мая начата загрузка реактора топливом.

<sup>21)</sup> *Коновалов Владимир Андреевич* (1923–2007), инженер-физик, кандидат тех. наук (1969). Окончил Московский механический институт (1953). В 1941–1947 гг. служил в армии. В 1953–1987 гг. работал в ФЭИ (с 1961 г. – зав. лабораторией). Участвовал в подготовке к пуску и эксплуатации Первой АЭС, проводил расчетно-экспериментальные исследования нейтронно-физических характеристик стендового прототипа ядерного ракетного двигателя (ЯРД) для космических аппаратов, затем научный руководитель разработки ЯРД и его наземного прототипа ИРГИТ, прошедшего огневые испытания на Семипалатинском полигоне.

*Нютин Евгений Иванович* (1929–1991), инженер-физик, кандидат физ.-мат. наук (1963). Окончил МГУ (1952). В 1953–1970 гг. и в 1976–1991 гг. работал в ФЭИ (в 1979–1990 гг. – начальник лаборатории). В 1970–1976 гг. – ученый секретарь рабочей группы по быстрым реакторам МАГАТЭ, советник представительства МИД СССР в Вене. Участвовал в физических исследованиях реактора Первой АЭС, в пуске передвижной АЭС ТЭС-3, исследованиях реакторов различных типов, в том числе на быстрых нейтронах.

*Ланцов Михаил Никитович* (1925–1995), инженер-физик, кандидат тех. наук (1964). Окончил Московский механический институт (1951). В 1951–1995 гг. работал в ФЭИ (с 1958 г. – старший научный сотрудник, в 1970–1987 гг. – зав. лабораторией). Исследования в области физики реактора Первой АЭС, транспортабельных реакторов малой мощности; экспериментальные работы в обоснование физических параметров реактора АБВ-1,5. Участвовал в физических пусках реакторов БР-10 и БН-600.

*Камаев Альфред Васильевич* (1929–1997), инженер-физик, кандидат физ.-мат. наук (1967). Окончил ЛПИ (1953). С 1953 г. – старший лаборант, младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, с 1969 г. – секретарь партийного комитета КПСС ФЭИ, с 1983 г. – первый секретарь Обнинского горкома КПСС. В 1990–1997 гг. – старший научный сотрудник ФЭИ. Основные работы в области обеспечения ядерной безопасности физических стендов, АЭС и промышленных объектов. Непосредственно участвовал в пуске Первой АЭС и двух реакторных блоков Белоярской АЭС (1-я очередь, 1963–1967 гг.). В последние годы занимался анализом состояния атомной науки и техники.

6 мая 1954 г. приказом директора Лаборатории «В» для проведения пусковых работ назначаются дежурные научные руководители (А.К. Красин, Б.Г. Дубовский, М.Е. Минашин) и их помощники (В.А. Коновалов, Е.И. Инютин, М.Н. Ланцов, А.В. Камаев)<sup>21</sup>. Еще раньше приказом начальника АЭС были утверждены дежурные смены и назначены их начальники (Ю.В. Архангельский, Б.Б. Батуров, В.А. Ремизов, Г.Н. Ушаков)<sup>22</sup>.

9 мая в 19 часов 7 минут при загрузке 60¼ топливного канала реактор достиг критичности и затем был загружен полным числом каналов (128 штук). 26 июня 1954 г. осуществлена подача пара на турбину, а 27 июня генератор Первой АЭС был включен в Единую энергетическую систему страны, его мощность достигла 1,5 МВт. В октябре 1954 г. станция была выведена на проектные параметры.

Первая АЭС представляла собой однореакторную установку, высота активной зоны — 1,7 м, диаметр — 1,5 м, полная загрузка урана — 560 кг, обогащение урана — 5%, электрическая мощность — 5000 кВт, тепловая мощность — 30000 кВт. Работа Первой АЭС была высоко автоматизирована, и станция могла работать в автоматическом режиме регулирования. Во втором контуре реактора вырабатывался перегретый пар давлением 12,5 ата и температурой 260 °С; пар поступал в турбину, на валу которой был установлен электрогенератор.<sup>23</sup> Это был первый промышленный опыт преобразования через паротурбинный цикл энергии деления ядер урана в электрическую энергию<sup>24</sup>.

За участие в разработке, пуске и освоении Первой АЭС Д.И. Блохинцеву, Н.А. Доллежалю, А.К. Красину, В.А. Малых была присуждена Ленинская премия, большая группа участников работ награждена орденами и медалями СССР.

Доклад Д.И. Блохинцева о Первой АЭС стал основным докладом на Первой международной конференции ООН по мирному использованию атомной энергии в Женеве (1955). Он произвел огромное впечатление на тысячную аудиторию и, несмотря на запрещение правилами конференции аплодисментов, окончание выступления Д.И. Блохинцева было встречено бурной овацией.<sup>25</sup>

\*\*\*

С 1956 г. станция была открыта для посещения советскими и зарубежными делегациями. Первую АЭС посетило много видных политических деятелей, ученых, а также десятки тысяч простых людей почти из всех стран мира. В первый период работы АЭС рассматривалась как опытная энергетическая станция. На ней учились и проходили подготовку специалисты первых промышленных станций, экипажи первых атомных подводных лодок и атомного ледокола «Ленин», стажировались специалисты из Германской демократической республики, Чехословакии, Китая, Румынии.

Но, начиная с 1956 г., назначение станции стало постепенно меняться. Опыт разработки, создания и эксплуатации Первой АЭС помог более четко определить задачи ближайшего будущего по использованию ядерных

<sup>21</sup> Архангельский Юрий Васильевич (1924–?), инженер-энергетик. Окончил МЭИ (1951). С 1951 г. — младший научный сотрудник, с 15.09.1953 — начальник смены здания 102 (Первая АЭС), с 1955 г. — зав. физической лабораторией Первой АЭС; в 1956 г. откомандирован в порядке перевода в Главное управление по мирному использованию атомной энергии при СМ СССР.

Батуров Борис Борисович (1928–?), инженер физик. Окончил Московский механический институт (1952). С 1952 г. — инженер установки, с 15.09.1953 — начальник смены здания 102 (Первая АЭС), с 1955 г. — начальник экспериментальной петли на реакторе АМ; в 1956 г. откомандирован в порядке перевода в Главное управление по использованию атомной энергии при СМ СССР.

Ремизов Владимир Андреевич (1925–?), инженер-технолог. Окончил МЭИ (1948). Работал на Государственном химическом заводе им. Д.И. Менделеева (Ленинград), с 24.12.1953 — начальник смены здания 102 (Первая АЭС), в 1956–1958 гг. — начальник смены здания 150 Лаборатории «В».

Ушаков Георгий Николаевич (р. 1918), инженер-технолог. Окончил Московский авиационно-технологический институт (1945), окончил Горьковский индустриальный институт (1947). Кандидат тех. наук. (1961). В 1941–1944 гг. — технолог, начальник технического отдела авиационного завода № 21 (г. Горький), с 1947 г. — инженер, начальник смены на Комбинате № 817 (Челябинск-40), с 1953 г. — старший научный сотрудник, с 01.04.1954 — начальник смены, с 20.06.1955 — зам. главного инженера, с 09.04.1956 — главный инженер, в 1958–1968 гг. — начальник Первой АЭС. В 1968 г. откомандирован в распоряжение Министерства энергетики и электропромышленности СССР. Ордена Трудового Красного Знамени (1956), Ленина (1962).

реакторов как в энергетике, так и других промышленных применениях. Реактор решено было использовать в основном как источник нейтронов для проведения научных исследований, в частности, необходимых для создания более мощных АЭС. Одной из главных причин для принятия такого решения была крайняя ограниченность базы специализированных исследовательских испытательных реакторов, которая только создавалась. Это еще в 1951 г. предвидел Блохинцев, когда писал в ПГУ, что «агрегат АМ помимо инженерной проверки должен быть использован для широкого круга физических, материаловедческих исследований».<sup>26)</sup>

За все время работы для проведения научных и инженерных экспериментов на реакторе АМ было сооружено 17 петель различного назначения. Среди работ на этих петлях надо отметить, прежде всего, исследования, проведенные в обоснование реакторных установок для первой очереди Белоярской АЭС (реакторы АМБ-1 и АМБ-2) и Билибинской АТЭЦ (реактор ЭГП-6). На АМ отрабатывались отдельные элементы реакторов РБМК Ленинградской, Курской, Смоленской, Чернобыльской и Игналинской АЭС. Таким образом, реактор Первой в мире АЭС стал основоположником направления канальных уран-графитовых реакторов.

В 1962 г. на реакторе АМ начала эксплуатироваться петлевая установка термоэмиссионного преобразования энергии. На этой установке впервые в СССР ядерная энергия была непосредственно преобразована в элект-

рическую. Полученные на петле результаты были использованы при проектировании и пуске в 1970 г. первого в мире реактора-преобразователя ТОПАЗ для космических ядерных энергетических установок.

Кроме петлевых испытаний, в реакторе АМ исследовалось поведение ряда реакторных материалов в радиационных полях. На нейтронных пучках реактора проводились исследования, в том числе по физике твердого тела. В 1990-е годы на АМ было налажено производство искусственного радионуклида молибдена, что на долгое время сделало ФЭИ главным изготовителем и поставщиком генераторов технеция-99, применяемых в медицине для диагностики онкологических заболеваний.

\*\*\*

29 апреля 2002 г. Первая АЭС была остановлена. Почти 50-летний период успешной эксплуатации на энергетических режимах реактора АМ подтвердил правильность изначально принятых решений.

В настоящее время на станции ведется работа по созданию первого в России мемориального музея атомной энергетики на базе АЭС, эксплуатация которой продолжается в режиме окончательного останова. Таким образом, Первая АЭС, главный вклад которой в мировую цивилизацию заключается в том, что она дала начало мирному использованию атомной энергии и способствовала изменению взгляда людей на атомную проблему, продолжает своё служение уже в новом качестве.

<sup>1)</sup> При подготовке статьи и комментариев использованы документальные материалы следующих изданий: К истории мирного использования атомной энергии в СССР. 1944-1951. (Документы и материалы) / Минатом России. ГНЦ РФ – ФЭИ; отв. ред. В.А. Сидоренко; сост. Л.И. Кудинова, А.В. Шегельский. – Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ, 1994; Атомный проект СССР: Документы и материалы. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Т. I. 1938-1945. Часть 1 / Составители Л.А. Кудинова, Г.С. Сеницына, Н.М. Осипова. – М.: Наука. Физматлит, 1998; Атомный проект СССР: Документы и материалы. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Т. I. 1938-1945. Часть 2. / Составители Л.А. Кудинова, Ю.В. Фролов. – М.: Изд. МФТИ, 2002; Атомный проект СССР: Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Т. II. Атомная бомба. 1945-1954. Книга 5 / Составители Г.А. Гончаров, П.П. Максименко. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ – М.: Физматлит, 2005; Атомный проект СССР: Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Т. II. Атомная бомба. 1945-1954. Книга 6 / Составители Г.А. Гончаров, П.П. Максименко. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ – М.: Физматлит, 2006.

<sup>2)</sup> Специальный комитет (Спецкомитет) – создан Постановлением Госкомитета Обороны (ГКО) от 20.08.1945 № 9887 при ГКО СССР, с 04.09.1945 – при Совете Народных Комиссаров, с марта 1946 г. – при Совете Министров СССР. В 1945–1953 гг. Спецкомитет был главным органом, которому принадлежало право окончательного решения по всем основным вопросам по созданию атомной промышленности и бомбы и их финансирования. Работал как коллегиальный орган.

<sup>3)</sup> Первое главное управление (ПГУ) при Совете Народных Комиссаров (затем – Совете Министров; СМ) СССР – создано Постановлением Госкомитета Обороны от 20.08.1945 № 9887 как орган непосредственного оперативного руководства научно-исследовательскими, проектными и конструкторскими организациями и промышленными предприятиями по использованию внутриатомной энергии урана и созданию атомного оружия. ПГУ находилось в подчинении Спецкомитета и не имело права самостоятельного выхода в СМ СССР. В 1953 г. на базе ПГУ создано Министерство среднего машиностроения СССР.

<sup>4)</sup> Далее рассматриваются только работы по реакторам, изначально предназначенным для энергетических целей.

<sup>5)</sup> Лаборатория № 2 АН СССР («специальная лаборатория атомного ядра при АН СССР») создана Распоряжением Госкомитета Обороны (ГКО) от 28.09.1942 № 2352 для изучения возможности «создания урановой бомбы или уранового топлива» в составе Ленинградского физико-технического института в Казани (в эвакуации), по Постановлению ГКО СССР от 11.02.1943 № 2872 переведена в Москву на правах Института, распоряжением Президиума АН СССР от 04.04.1949 № 386 переименована в Лабораторию измерительных приборов АН СССР (ЛИП АН), Распоряжением СМ СССР от 10.11.1956 № 6664 – в Институт атомной энергии АН СССР, с 1960 г. – имени И.В. Курчатова; с 1992 г. – РНЦ «Курчатовский институт», в настоящее время входит в состав Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», объединяющего четыре научных института. С 1945 г. фактически находилась в системе ПГУ, затем Министерства среднего машиностроения СССР.

<sup>6)</sup> Лаборатория № 3 создана в 1945 г. в Москве в системе ПГУ, с 1949 г. – Теплотехническая лаборатория АН СССР, с 1958 г. – Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ), в настоящее время входит в состав НИЦ «Курчатовский институт». Здесь построен (1949) первый в СССР тяжеловодный реактор.

<sup>7)</sup> Следует учитывать, что начиная с 1943 г. шла разработка промышленных реакторов – наработчиков бомбового материала. С этой проблемой связано создание первого реактора Ф-1, работы по тяжеловодному реактору и др., в ходе которых проводились исследования, важные для проектирования энергетических реакторов. Помимо разработки методов физических расчетов, это изучение теплопередачи в реакторах «с целью снятия максимального количества энергии» (ЦКТИ, ЭНИН), «исследование механических и тепловых свойств графита на разных температурах» (ВИАМ) и др. Но из-за жесткого режима секретности многие из полученных в тот период данных для разработчиков энергетических реакторов были недоступны.

<sup>8)</sup> Научно-технический совет ПГУ при СМ СССР образован Постановлением СМ СССР от 09.04.1946 № 803-325 путем объединения Технического и Инженерно-технического советов Спецкомитета. На НТС ПГУ возлагалось рассмотрение научных и инженерно-технических вопросов в области использования атомной энергии.

<sup>9)</sup> Лаборатория «В» (Институт «В») была создана Постановлением СНК СССР от 19.12.1945 № 3117-937 для организации работы группы немецких ученых и специалистов, возглавляемой профессором Х. Позе. Входила в состав 9-го Управления НКВД (МВД) СССР, с 1949 г. – в ПГУ. С 1960 г. – Физико-энергетический институт, в настоящее время – ФГУП «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» в г. Обнинске.

<sup>10)</sup> *НИИХиммаш* – Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения (Москва); *ГСПИ-11* – Государственный союзный проектный институт № 11 (Ленинград); *ВИАМ* – Всесоюзный научно-исследовательский институт авиационных материалов (Москва); *ГИПХ* – Государственный институт прикладной химии (Ленинград); *ЦАГИ* – Центральный аэрогидродинамический институт (Москва); *ИФХ* – Институт физической химии (Москва); *ФХИ* – Физико-химический институт имени Л.Я. Карпова (Москва); *ЭНИН* – Энергетический институт имени Г.М. Кржижановского (Москва).

<sup>11)</sup> Это письмо А. И. Лейпунского от 31 октября 1949 г. подготовлено в Лаборатории «В» и подписано также сотрудниками ПГУ Д.И. Блохинцевым и А.Д. Зверевым.

<sup>12)</sup> Следует отметить, что в ряде документов того времени встречаются ссылки на преимущества атомной энергии перед другими ее видами, на перспективы ее использования, что вводило в заблуждение некоторых исследователей. Считать, что в 1946–1949 гг. эти аргументы могли иметь существенное значение в организации работ по энергетическим реакторам нельзя. Посвященным в суть дела тогда была очевидна экономическая нецелесообразность строительства атомных электростанций в нашей стране: дефицит урана, неотработанность технологии, высокая затратность многих ее этапов и др. Поэтому все первые проработки энергетических реакторов были так или иначе связаны с военной программой (наработка бомбового материала, использование для военного флота или военной авиации).

<sup>13)</sup> Речь идет о проекте «опытной физической установки «Малютка» (позже реактор МР), одобренном НТС ПГУ 3 октября 1949 г.; построен по Постановлению СМ СССР от 6 апреля 1950 г.

<sup>14)</sup> Проект реактора «Шарик» или ШГ (шаровой, газовый) реализован не был. Реактор «Л» (позднее – ВТ) стал экспериментальной базой для создания ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем для атомных подводных лодок.

<sup>15)</sup> Так в документе, речь идет о Лаборатории «В».

<sup>16)</sup> *Блохинцев Д.И.* Рождение мирного атома. // «Известия», 27 июня 1964 г.

<sup>17)</sup> *Кочетков Л.А.* Первая в мире АЭС и её роль в становлении ядерной энергетики. Рукопись статьи.

<sup>18)</sup> *Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я., Жирнов А.Д., Сироткин А.П.* Начало ядерной энергетики. // Атомная энергия. 1984. Т. 56, вып. 6. С. 347.

<sup>19)</sup> *ЛИПАН* – см. прим. 5;

*НИИ-9* – создан Постановлением Госкомитета обороны 08.12.1944 в системе НКВД СССР, в сентябре 1945 г. передан в ПГУ. Занимался изучением урановых месторождений, разработкой методов обогащения урановых руд, их переработки, созданием технологии получения металлического урана. В дальнейшем тематика изменилась и расширилась. С 1967 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт неорганических материалов (ВНИИНМ), с 1985 г. имени академика А.А. Бочвара;

*НИИ-13* – НИИ-13 Министерства вооружения, затем Министерства оборонной промышленности СССР (г. Ленинград). В советском атомном проекте получал задания на проведение исследований по защите материалов от коррозии; в работах по реактору АМ был привлечен для разработки технологии изготовления образцов биметаллических твэлов из урана и стали.

<sup>20)</sup> *Минашин М.Е.* Первая в мире АЭС. За год до пуска. // Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени академика А.И. Лейпунского – 50 лет. Под. ред. Б.Ф. Громова, М.Ф. Троянова. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1996. С. 178.

<sup>21)</sup> Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 22-25.

<sup>22)</sup> Там же, л. 26.

<sup>23)</sup> *Красин А.К.* Ядерная энергетика и пути её развития. – Минск: Наука и техника, 1981. С. 8-11.

<sup>24)</sup> 20 декабря 1951 г. на экспериментальной площадке Аргонской лаборатории (США) был пущен быстрый реактор EBR-1 мощностью 1,4 МВт (тепловых), на котором впервые в мире в лабораторных условиях была преобразована ядерная энергия в электрическую (строительство реактора EBR-1 велось с 1949 г.). EBR-1 стал первым в мире реактором, произведшим электроэнергию – в здании реактора, благодаря ему, зажглись **четыре электрических лампочки**. Это обстоятельство позволяет американцам оспаривать приоритет СССР в создании первой АЭС. Действительно, на EBR-1 впервые был произведен ток, поданный потребителю, то есть, продемонстрирована на практике возможность существования атомной энергетики. Но на Первой АЭС в Обнинске полученный ток был отпущен в энергосистему, что было сделано впервые в мире. EBR-1 проработал до конца 1963 г., после чего был закрыт и выведен из эксплуатации. 25 августа 1966 г. президент США Л. Джонсон включил EBR-1 в число памятников истории Соединенный Штатов. (URL: <http://www.atominform.ru/news/air6623.htm> (дата обращения: 31.03.2014.))

<sup>25)</sup> *Блохинцев Д.И.* Первая атомная // Вопросы истории. 1974. № 6. С. 119.

<sup>26)</sup> Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 52.

Сов. секретно

ССЕКРЕТНО  
Лобская пепка /

П Р И К А З

1 Общ.  
Ознакомить тов. тов.  
Д.И. Блохинцев  
А.И. Лейпунского  
А.К. Красина  
Д.М. Овечкина  
П. Захарову

204сс-оп

г. Москва

18 июня 1951 года

Во исполнение Постановления Совета Министров СССР от 12 июня 1951 года № 1965-939оп о сооружении опытной установки " В-10 " <sup>1)</sup>,-

П Р И К А З И В А Ю:

I. .

I. Тов. тов. Павлову Н.И., Петросьянц А.М. Позднякову В.С., Столярову С.П., Блохинцеву Д.И., Захарову П.И. приняты к руководству и исполнению, что:

а) Главное Управление обязано построить на территории Лаборатории В опытную электрическую станцию (установку В-10) на увлажненном олове, с вводом в действие опытного оловяно - керамического кристаллизатора с водяным охлаждением (агрегат АМ) во II квартале 1952 г., опытного оловяно - керамического кристаллизатора с неоновым охлаждением (агрегат ШГ) и опытного оловяно - алюминиевого кристаллизатора с жидкометаллическим охлаждением (агрегат ВТ) во втором полугодии 1952 г.;

б) обе-печить окончание составления рабочих чертежей строительства первой очереди установки "В-10" до I октября 1951 года; [... ] <sup>2)</sup>

[Резолюция:]

1[-му] отд[елу] ознакомить: т[оварищей]: Д.И. Блохинцева, А.И. Лейпунского, А.К. Красина, Д.М. Овечкина. П. Захаров. 22.VI[1951].

Архив ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ». Копия

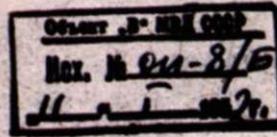
<sup>1)</sup> «База В-10», «Электростанция В-10» — условное обозначение комплекса намеченных к строительству трех опытных энергетических реакторов, объединенных общей системой теплосъема для выработки электроэнергии. После пуска первого построенного реактора АМ это название закрепилось за ним.

<sup>2)</sup> Далее опущены пункты приказа с изложением заданий на выполнение работ ряду министерств и предприятий.

11 января 1952 г.

Совершенно секретно

Рассекречено /



Экз. № \_\_\_

Товарищу ЗАВЕНЯГИНУ А.П.

По плану 1951 года разработка ~~.....~~ для агрегата "АМ" была поручена НИИ-13, НИИ-9 и ЛИПАН.

В августе 1951 г. выяснилось, что работы в этих учреждениях еще не привели к положительному результату.

При этих обстоятельствах лаборатория "В", по своей инициативе, включилась в работу по ~~.....~~ "АМ".

Эта работа была поручена подразделению тов. МАЛЫХ /отдел тов. КРАСИНА А.К./ . Тов. МАЛЫХ является в лаборатории "В" единственным технологом-практиком, доказавшим свои возможности на разработке метода спекания ~~.....~~ и получения сплава ~~.....~~

Группа тов. ЛЯШЕНКО В.С. непрерывно и полностью занята коррозионными работами по "ВТ" и в своем составе не имеет технологов. Поэтому участие этой группы естественно ограничилось консультациями по вопросам металловедения и некоторым коррозионными опытами. Иноспециалист доктор БИРЦ <sup>Гос</sup> ~~очень~~ привлечен для разработки гальванических покрытий ~~чл. марсе~~ и инженер ТИМЕ для вспомогательных керамических работ. Остальные сотрудники лаборатории "В" являются либо физиками, либо химиками-аналитиками.

- 2 -

Таким образом все наличные силы /далеко небольшие/ лаборатории "В" были привлечены с августа месяца 1951 г. к разработке сверхплановой темы - *металл...* "АМ".

После многочисленных поисков новых решений проблемы *металл...* "АМ", тов. МАЛНХОМ была высказана идея о применении в качестве контактного подслоя кальция или магния.

Уже к 5 сентября 1951 г. тов. МАЛНХ выдал НИИХИМШАЕ первые образцы *металл...*: стальная трубка / $\varnothing$  9x0,4мм/ - кальциевым или магниевым подслоем /0,25мм/ - *металл...* трубка / $\varnothing$  12,5x1,5мм./.

Эти образцы на стендовых испытаниях в НИИХИМШАЕ успешно выдержали тепловую нагрузку  $1,8 \cdot 10^6 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \text{час}}$  в течение 100 часов, после чего испытания были прекращены ввиду начавшегося окисления наружной поверхности образцов из-за значительного загрязнения атмосферы гелия кислородом. Контактный же слой оказался вполне удовлетворительным.

К этому времени /сентябрь 1951г./ было принято решение перейти на сплав *металл...*-молибден /9%/, как более стойкий по отношению к окислению и предположительно к *окислению металл...*

В подразделении т. МАЛНХ после ряда опытов удалось добиться хорошей смачиваемости этого сплава жидким кальцием и магнием. Однако различные попытки осуществить

- 3 -

воспроизводимую технологию получения подделоя до конца декабря 1951 г. не приводили к цели. В конце декабря 1951 г. была построена установка, позволившая получить полностью воспроизводимые результаты. Поэтому лаборатория "В" смогла 4 января /на шесть дней раньше обещанного срока/ выдать в НИИХИЩМАШ опытный 50 мм образец *макетки* и опытный макет длиной 125 мм.

Вместе с тем лаборатория "В" в настоящее время, готова выполнить Ваше задание об изготовлении *макетки* из *уфла титанного* *макс* молибдена через 10 дней после поступления трубочек этого материала от НИИ-9. Из других типов *макеток* "АМ" изучавшихся в лаборатории "В" наиболее перспективными кажутся *макетки* из керамики *макс* - магний и *макс* - кальций, которые сейчас находятся в стадии разработки.

Более полное представление <sup>о всем</sup> ~~этого~~ объеме проделанной в лаборатории "В" работы по *макетке* "АМ", с августа месяца 1951 г. по настоящее время дает прилагаемая к этому письму справка. <sup>1)</sup>

/Д.Блохинцев/

<sup>1)</sup> Справка не публикуется.

Совершенно секретно

Особая папка /  
Зкв. № /

П Р И К А З  
ДИРЕКТОРА ЛАБОРАТОРИИ «В»  
МВЛ С С С Р

СОДЕРЖАНИЕ: О мероприятиях по ускорению разработки *кабески*  
для «*АМ*».

№ 0069 сс/м

«17» сентября 1952 г.

Проведенные последние испытания образцов *М.В.Э.1...* для аппарата «*АМ*» показали неудовлетворительные результаты. В ходе обсуждения данной работы было установлено, что за основу был принят только один вариант *М.В.Э.1...* в то время как другие возможные варианты не разрабатывались. Кроме этого, предусмотренные планом сроки работ по данной теме не выполняются. Придавая большую важность этой работе и учитывая, что дальнейшее отставание по разработке *М.В.Э.1* для «*АМ*» ставит под угрозу затягивания сроков решения основной технической проблемы

П Р И К А З Ы В А Ю :

1. Тов. МАЛУХ В.А. мобилизовать весь инженерно-технический персонал лаборатории на получение положительных результатов по разработке *М.В.Э.1* для «*АМ*».

~~2. Тов. МАЛУХ В.А. впредь до изготовления опытных образцов *М.В.Э.1* и получения удовлетворительных результатов, другими работами не заниматься. 1)~~

3. К 20 сентября т. МАЛЫХ В.А. представить план работ по запасному варианту *М.В.Э.А.* из чистого *шарга*

4. К 19 сентября т. ЛЯШЕНКО В.С. дать заключение по трубкам из *шарга* с целью их возможного использования для экспериментов.

5. К 18 сентября т. МАЛЫХ представить технические условия на поставляемую продукцию завода № 12.

6. Тов. ЛЯШЕНКО В.С. к 18 сентября просмотреть имеющиеся документы на *У.Б.А.Р.М.Т.М.И.Н.И.* материал и дать по ним заключения.

7. Тов. КРАСИНУ А.К. к 17 сентября выехать в НИИ-9 с целью ускорения поставки необходимого материала из *шарга*.

8. Тов. КРАСИНУ А.К. - ускорить оформление допуска на завод № 12 сотрудникам т.т. МИТЧЕНКОВУ и МАЛЫХ.

9. К 20 сентября т. МАЛЫХ В.А. представить календарный рабочий план по варианту из керамики.

10. К 25 сентября вызвать из очередного отпуска тов. КОЗИНЦЕВУ Ж.И.

11. Тов. ЛЯШЕНКО В.С. представить к 20 сентября календарный план по изготовлению *набески* стерженькового типа.

12. Тов. КРАСИНУ А.К. 19 сентября 1952 г. собрать совещание по обсуждению разработанной лабораторией № 4 технологии *М.В.Э.А.* для «*А-4*».

13. Тов. КРАСИНУ А.К. к 25/9-52 г. выяснить положение дальнейшей поставкой материала и в соответствии с этим разработать календарный план на октябрь месяц.

14. Тов. МАЛЫХ В.А. в сентябре месяце выдать образец *навески* из чистого *шарга* /штулки изготовить на месте из имеющихся стержней/.

"17" сентября 1952 г.

*Захаров* /П. ЗАХАРОВ/ <sup>2)</sup>

Архив ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ». Подлинник

<sup>1)</sup> Так в документе.

<sup>2)</sup> Приказ подписан первым заместителем директора Лаборатории «В» П.И. Захаровым.

20 сентября 1952 г.

Совершенно секретно.

РАССЕКРЕЩЕНО  
Экз. № \_\_\_\_\_

*Тов. Кузнецову  
Тов. Минашину  
ИТД. переписать в  
машин. по 970-10  
8 м*

НАЧАЛЬНИКУ ОТДЕЛА ТОВА. КРАСИНУ А.К.

От сотрудника МИНАШИНА М.Е.

РА П О Р Т

В настоящем считаю необходимым довести до Вашего сведения о том, что для большинства материалов, проектируемых для использования в конструкциях "АМ", до сих пор остаются совершенно неизвестными или плохо известными основные физико-механические константы, без знания которых считаю совершенно бесполезным проведение экспериментов по испытанию образцов ..... *набросок* ..... Этими константами являются:

- а/ Пределы текучести материалов, как функция температуры;
- б/ Величины временных сопротивлений, как функция температуры.
- в/ Модули упругости, как функция температуры.
- г/ Модули сдвига, как функция температуры.
- д/ Коэффициенты Пуассона, как функция температуры.
- е/ Коэффициент линейных расширений, как функция температуры.
- ж/ Весовые плотности материалов.
- з/ Коэффициенты теплопроводностей, как функции температуры

~~Считаю~~ Считаю, что без знания этих констант, получение которых является более простым делом, чем изготовление и испытание ..... *набросок* ..... мы затратим значительно больше времени, если будем добиваться создания *наброску* путем простого подбора для нее материалов без предварительного изучения упомянутых физико-механических констант.

Одновременно считаю необходимым доложить Вам о том, что НИИЖИМАШ до сих пор не представил объяснений по поводу сделанных нами замечаний к объяснительной записке к техническому проекту. В частности в этих замечаниях имелся пункт, указывавший на необоснованность допущенных по пределу текучести напряжений в трубках, несущих <sup>навесов</sup>..... По моему мнению эти напряжения, как указывалось, не могут быть сняты никаким криппом, ибо давление в трубках, при наличии перепада температур на стенках этих трубок, будет существовать во все время работы этих трубок.

*М. Е. Минашин*

Минашин/

«20» сентября 1952 г.

Тов. Минашину М. Г.

Указанные Вами работы частично будут включены в программу отдела № 5 Лаб. «В» на 1953 г.

Прошу дать перечень конкретных материалов и необход. ~~температурных~~ интервалов для составления программы работ 1953 г.

22.12.53<sup>1)</sup>

*В. Ляшенко*

*М. Е. Минашин*  
24/XII-52.

О каких материалах идет речь?  
24/XII-52. *В. Ляшенко*

[Резолюции:]

- Тов. Красину А.К., тов. Ляшенко В.С. Пр[ошу] переговорить со мной по этому вопросу. 08.XII. П.Захаров
- Тов. Минашину М. Г. Указанные вами работы частично будут включены в программу отдела № 5 Лаб[оратории] «В» на 1953 г. Прошу дать перечень конкретных материалов и необход[имых] температур[урных] интервалов для составления программы работ 1953 г. 22.12.[19]53. Красин.
- О каких материалах идет речь? 24.XII.[19]52. В.Ляшенко.

Архив ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ». Подлинник

<sup>1)</sup> Ошибка автора резолюции, следует читать «1952 г.»

Совершенно секретно

СССР  
\* Особая папка /

ПРОТОКОЛ СИ - 103  
заседания секции № 1 Н Т С

26 декабря 1952 года

Члены секции № 1  
И Н Т С: тт.

Славский Е.П.  
Александров А.П.  
Доллежалъ Н.А.  
Алиханов А.И.  
Блохинцев Д.И.  
Шолкович В.М.  
Бочвар А.А.  
Поздняков Б.С.

Приглашены: тт. Головин И.Н. -ЛИПАН  
Меркин В.И. - " " "  
Лейлунский А.И. -Лаб. "В"  
Красин А.К. -ОКБ Гидропресс  
Николаев А.В. -5 отд. ПГУ  
Ананьев Е.П. -НТС  
Гребенников Р.В. - " " "

Только на вопросе  
№ 1 -т. Киселев А.А. -ВИАН

Только на вопросе  
№ 2 -тт. Конобеевский С.Т. -НИИ-9  
Самойлов А.Г. - " " "  
Левитский Б.М. - " " "  
Чиркин В.С. -ЛИПАН  
Алещенков П.И. -НИИХИМАН  
Флоринский Б.В. - " " "  
Малых В.А. -Лаб. "В"  
Суворов Л.Д. -5 отд. ПГУ

## 2. ХОД РАБОТ ПО НАВЕСКЕ ДЛЯ АГРЕГАТА АМ

По сообщению г. Чиркина В.С. (см. вх. Т-1189/13оп от 17.ХП-52г.; инв. № 162 оп, № 295оп, 276оп, 165оп, 274оп 1952 г.; вх. Т-1168/13 от 12.ХП-52г. и вх. Т-1159/29оп от 10.ХП-52г.) в ЛИПАН разработана НАВЕСКА, представляющая двухстенный каркас, образованный двумя трубками из стали Н1Т, заполненный кольцами из сплава ОМ9 и сплавом свинца с 3% магния (температура плавления  $250^{\circ}\text{C}$ ). Наружная трубка имеет диаметр 14 мм и толщину стенки 2 мм, а внутренняя диаметр 9 мм и толщину стенки 0,4 мм.

Образцы НАВЕСКИ прошли 300-часовые испытания при запроектованном тепловом режиме на установке ВУ и испытания в течение 1040 часов в аппарате АВ-2 при охлаждении холодной водой. Образцы НАВЕСКИ прошли также испытания в агрегате МР при нагрузках до 1,2 млн. ккал/м<sup>2</sup> час, температуре охлаждающей воды до  $250^{\circ}\text{C}$  в течение 100-150 часов.

- 14 -

По сообщению г.Малыха В.А. (см.инв. III3 со, от III4 со 1952 г. и вх.Т-II92/30 со/оп от 17.XII-52г.) Лабораторией "В" вместо эвтектики свинец-магний предлагается использовать магний.

Разработаны два варианта НАВЕЛКИ :

- а) с использованием колец из сплава ОМ-9 (подобно конструкции ЛИЦАН) и
- б) с использованием вместо колец ОМ-9 мелких кусков активного материала.

Несколько образцов НАВЕЛКИ с кольцами из сплава ОМ-9 и магниевым контактным слоем прошло 300-часовые испытания на установке В4 при запроектированном тепловом режиме.

Образцы с измельченным сплавом ОМ-9 прошли кратковременные испытания на теплотехнических стендах при нагрузках до 4 млн. ккал/м<sup>3</sup>час при охлаждении холодной водой.

Образцы для испытания в поле РАСЛОДОВ не изготовлены.

По сообщению эксперта г.Бочвара А.А. (см.инв. № 434 со/оп, 1952 г. и вх.Т-I211/24 оп. от 20.XII-52г.) НАВЕЛКА НИИ-9 в виде колец из сплава ОМ-9, надетых на стальную трубку с натяжным контактом, не вы-

- 15 -

держала испытания на установке В4 при запроектированном тепловом режиме и не может быть в настоящее время рекомендована.

НАВЕСКИ ЛИПАН может быть рекомендована для агрегата АМ. Нужно подыскать завод для серийного выпуска этих НАВЕСОК. Магниева НАВЕСКИ Лаборатории "В" с кольцами из сплава ОМ-9 не имеет преимуществ по сравнению с НАВЕСКОЙ ЛИПАН с эвтектикой свинец-магний.

В будущем (после экспериментальной проверки) наиболее перспективными, повидимому, окажутся НАВЕСКИ конструкции Лаборатории "В" с измельченным активным материалом и НАВЕСКИ НИИ-9 с засыпкой из смеси двуокиси или карбида ОЛОВА с разбавителями из окиси магния или АЛЮМИНИЯ с заливкой жидкими эвтектиками.

Разработка НАВЕСКИ с засыпкой началась в НИИ-9 в 1952 году (вх. Т-2797/2У от 20.12.52г)

По сообщению эксперта т. Шолковича Б.М. (см. вх. № Т-2895/2У от 31.12.1952 г.), НАВЕСКИ ЛИПАН в Лаборатории "В" близки по конструкции друг к другу и удовлетворяют предъявляемым требованиям, однако не могут рассматриваться, как окончательно отработанные.

- 16 -

Большое число сварных швов в конструкции ЛИПАН снижает ее надежность. НАВЕЛКА Лаборатории "В" с измельченным активным веществом менее отработана, но более перспективна, чем НАВЕСКА ЛИПАН.

Необходимо продолжать работы по обоим типам НАВЕСКИ.

Секционная конструкция НАВЕЛКИ не повышает надежность элемента, так как выход из строя одной секции повлечет необходимость отключения всего элемента.

По сообщению г.Доллекала Н.А. (см.вх.Т-1174/11оп от 13.XII-52 г.) необходимо <sup>(СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО)</sup> начать разработку изготовления НАВЕЛКИ и ЛИПАН и Лаборатории "В", учитывая что между этими НАВЕСКАМИ много общего.

В НАВЕСКЕ ЛИПАН необходимо сократить число сварных швов и устранить промежутки между секциями.

Следует изготовить новые каналы для испытания в агрегате МР и АВ-2 НАВЕЛКИ Лаборатории "В" с измельченным активным материалом; повидимому эта НАВЕСКА наиболее перспективна.

По сообщению г.Конбеевского С.Т. воздействие поля РАЙХОДОВ может увеличить скорость растворения металлов в эвтектике свинец-висмут.

- 10 -

По сообщению т. Блохинцева Д.И. использование сплава ОМ-9 более желательно, чем чистого олова, так как сплав обладает большей коррозионной стойкостью и устойчивостью в поле расходов (вследствие большей упорядоченности структуры).

Необходимо продолжать работы в НИИ-9 по разработке НАВЕСКИ для агрегата АМ.

Стойкость стали ЯИТ в эвтектике свинец-магний при воздействии поля РАСХОДОВ может снизиться.

Неизвестно при какой тепловой нагрузке проводились испытания НАВЕСКИ в агрегате АВ-2.

Испытания в агрегате МР проводятся при пониженном тепловом потоке из-за недостаточного УВЛАЖНЕНИЯ ОЛОВЯ. Нужно испытания провести при потоках 1,8-2мл ккал/м<sup>2</sup> час.

Надежность НАВЕСКИ ЛИПАИ понижена большим числом сварных швов.

Необходимо развить работы по магниевой НАВЕКЕ Лаборатории "В", так как магний хорошо смачивает стал обеспечивая хороший тепловой контакт, и не взаимодействует со сталью.

Технология НАВЕСКИ Лаборатории "В" отработана требуется изготовить УВЛАЖНЕННЫЕ образцы этой НАВЕКИ. Нужно переходить к освоению изготовления НАВЕСО ЛИПАИ и Лаборатории "В" в промышленности.

- 18 -

По сообщению т.Александрова А.П., жидкометаллический контакт позволяет передать до 5 млн.ккал/м<sup>2</sup>час, а твердый до 2 млн.ккал/м<sup>2</sup>час.

Необходимо доработать конструкции т.Чиркина В.С. (ЛИПАН).

Принять конструкции НАВЕЛКИ нельзя, из-за недостаточной проверенности образцов в поле РАСКОЛОВ

Необходимо ускорить испытание НАВЕЛКИ Лаборатории "В", включая проверку в поле РАСКОЛОВ.

НАВЕЛКА НИИ-9 с использованием окислов ОЛО-ВА имеет с точки зрения регенерации преимущества перед НАВЕЛКОЙ со сплавом ОМ-9.

Работы в НИИ-9 нужно продолжать.

По сообщению т.Меркина В.И., НАВЕЛКА должна быть секционного типа. При длинных НАВЕЛКАХ напряжения в сварных швах больше, а надежность элемента ниже.

Возможно сокращение длины элемента за счет увеличения удельного теплового потока.

Заслушав и обсудив ход работ по НАВЕЛКЕ для агрегата АМ, СЕКЦИЯ № I РЕШИЛА:

- 19 -

1. Отметить, что в результате проведения в ЛИПАН, Лаборатории "В" и НИИ-9 экспериментальных работ для агрегата "АМ", выявлена конструкция НАВЕСКИ в виде двухстенного корпуса из стали Я1Т с активным материалом и магниевой или свинцово-магниевой заливкой.

НАВЕСКА ЛИПАН выдержала 300-часовые теплотехнические испытания при запроектированном тепловом режиме и 1000-часовые испытания в поле РАСХОДОВ агрегата АВ-2 при расчетном тепловыделении около 2 млн. ккал/м<sup>2</sup>час, с охлаждением холодной водой и в настоящее время проходит испытания в агрегате МР при нагрузке до 1,2 млн. ккал/м<sup>2</sup>час, температуре охлаждающей воды до 250°С, после окончания которых будет окончательно решен вопрос о ее живучести и пригодности для агрегата АМ.

НАВЕСКА Лаборатории "В" проходит теплотехнические испытания.

Признать необходимым продолжение работ в НИИ-9, Лаборатории "В" и ЛИПАН по усовершенствованию НАВЕСКИ агрегата АМ.

2. Отметить недостаточную подготовленность опытов по испытанию стойкости НАВЕСКИ АМ в агрегате АВ-2 и недостаточный научный контроль за их выполнением (НИИХИММАШ, ЛИПАН).

- 20 -

Испытания образца НАВЕСКИ в АВ-2 конструкции ЛИПАН осуществлялись без измерения температуры НАВЕСКИ и дублирования измерения температуры охлаждающей воды. В результате этого проведенные 1000-часовые испытания из-за экспериментальной неясности температурного режима работы образца НАВЕСКИ, неопределенности теплового потока и температуры в образце, еще не дают возможности рекомендовать НАВЕСКУ конструкции ЛИПАН для агрегата АМ.

3. Признать необходимым расширение испытаний НАВЕСКИ для агрегата АМ в аппарате АВ-2 с выделением для опытов 3-4 технологических каналов и приближением теплового режима испытания образцов к рабочему режиму агрегата АМ.

Необходимо, в том числе, повысить температуру охлаждающей воды в экспериментальных каналах.

4. Признать возможным приступить к подготовительным работам по промышленному изготовлению НАВЕСКИ агрегата АМ конструкции ЛИПАН и Лаборатории "В".

Поручить ЛИПАН (т. Головину И.Н. и Чиркину В.С.) и Лаборатории "В" (т. Блохинцев Д.И.) представить до 10 января 1953 года на рассмотрение секции № I технологию изготовления и технические требования для производства НАВЕСКИ агрегата АМ в промышленных масштабах.

- 20 -

5. Изготовление образцов увлажненной навески конструкции лаборатории "В" для испытания в агрегатах МК и АВ-2 начать после окончания испытания образцов на теплотехнических стендах при запроектированных тепловых нагрузках и температуре охлаждающей воды.

Председатель Секции  
№ 1 НТС

*Слав*

Е.Славский

За секретаря секции

*Е.Ананьев*

Е.Ананьев

---

С протоколом ознакомить: тт. Александрова А.П., Доллежал Н.А., Алиханова А.И., Блохинцева Д.И., Шолковича Б.М., Бочвара А.А., Позднякова В.С., Головина И.Н., Лейпунского А.И.

*Алиханов*  
17.1.53.

*Шолкович*  
19.1.53

Комментарий составителей:

<sup>1)</sup> Секция № 1 НТС ПГУ в этот период называлась «Ядерные реакторы и комиссия по твэлам». Первым руководителем секции был И. В. Курчатов.

На заседании секции № 1 НТС ПГУ 26.12.1952 под председательством Е.П. Славского обсуждались два вопроса:

1) Технический проект агрегата ВТ, где одним из докладчиков был А.И. Лейпунский (не публикуется) и

2) Ход работ по навеске для агрегата АМ.

Второй вопрос непосредственно относился к рассмотрению хода работ по созданию твэла для реактора АМ Первой в мире АЭС.

В 1952 г. разрабатывалась конструкция трубчатого твэла в виде двустенного корпуса из нержавеющей стали 1X18Н9Т (трубки наружным диаметром 9 мм и толщиной стенки 0,4 мм и наружным диаметром 14 мм и толщиной стенки 0,2 мм). На основании обсуждения вариантов твэла ЛИПАН, НИИ-9 и Лаборатории «В», которые отличались составом топливных композиций, было принято решение о продолжении работ в этих организациях и дальнейшем усовершенствовании всех трех вариантов твэла, а также о необходимости ускорения реакторных испытаний разрабатываемых твэлов.

Разработка одновременно трех вариантов твэла для реактора АМ и обсуждение состояния дел по созданию твэла в такой высокой инстанции как НТС ПГУ, свидетельствует об огромной значимости этих работ и сложности разработки. Твэл является основной и наиболее ответственной конструкцией в реакторе, которая должна обеспечивать надежный нагрев теплоносителя до требуемой температуры без его разрушения. В то время не было опыта и рекомендаций по конструкции твэлов и созданию топливных композиций, способных работать при высоких температурах и высоких тепловых потоках.

Текст протокола отражает неизбежные коллизии, которые сопровождают каждую крупную научную работу, столкновение идей и мнений конкурирующих разработчиков, сложность положения тех, кто принимает ответственное решение, решающее судьбу всего проекта. Для нас здесь очень ценны прозвучавшие на этом заседании мнения экспертов, что наиболее перспективным является твэл Лаборатории «В» (разработчик В.А. Малых) с измельченным активным материалом, т. е. дисперсионный твэл с крупной из уран-молибденового сплава и магния в качестве матрицы, однако было сказано, что он требует доработки, технология твэла в Лаборатории «В» отработана, твэл успешно проходит теплотехнические испытания, но необходимо проведение реакторных испытаний.

Однако потребовался ещё почти год напряженной работы в условиях конкуренции с организациями, имеющими более солидные научный потенциал и возможности, чтобы конструкция представленного Лабораторией «В» твэла была признана лучшей и стала основой топливного элемента реактора АМ.

3 сентября 1953 г.

*Заместитель  
Берия  
14.9.53.*

30  
Сов. Секретно  
РАССЕКРЕТНО

Товарищу МАЛЕНКОВУ Г.М.<sup>1)</sup>

С П Р А В К А  
ПО ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Атомные котлы предназначены для работы плутония.

В атомных котлах происходит реакция деления ядер атомов урана с выделением значительного количества энергии в виде тепла.

Выделяемое тепло отводится водой, которая охлаждает урановые блочки, являющиеся тепловыделяющими элементами; охлаждение урановых блочков можно осуществлять также газом или жидким металлом.

В наших промышленных атомных котлах, производящих плутоний, в качестве замедлителя и отражателя нейтроном используется графит или тяжелая вода.

В атомных котлах с графитовым отражателем урановые блочки охлаждаются простой очищенной водой.

В атомных котлах с тяжелой водой урановые блочки охлаждаются той же тяжелой водой, которая циркулирует в замкнутом контуре и проходит через радиаторы охлаждаемые простой водой.

В зависимости от того, какую температуру могут выдержать материалы и конструкции, из которых состоит атомный котел, устанавливается тепловой режим для работы атомного котла.

Во всех наших атомных котлах, производящих плутоний, тепловые режимы установлены, с учетом сто

<sup>1)</sup> Справка подписана первым заместителем министра среднего машиностроения СССР Б.Л. Ванниковым 3 сентября 1953 г. и направлена председателю СМ СССР Г.М. Маленкову. (АП РФ. Ф. 3, оп. 47, л. 78, л. 30-39.) Подготовка этого документа, возможно, связана с тем, что после расстрела Л.П. Берии, руководившего в 1945-1953 гг. всеми работами по атомному проекту и решавшего многие вопросы непосредственно с И.В. Сталиным, помимо СМ СССР, Правительство знакомилось с состоянием работы в этой области.

31  
2.

кости алюминия / главный конструкционный металл/, стойкости блочков из природного урана и стойкости графита, которые находятся в мощном поле радиоактивного излучения от ядерной реакции.

Для наших действующих атомных котлов, температура выходящей воды установлена 60°-80° С.

Поэтому, несмотря на то, что в наших атомных котлах выделяется колоссальное количество тепловой энергии / эквивалентное мощности до 500 000 киловатт на один котел/, эта энергия не получила практического использования.

Требование к атомным котлам для электростанции.

га.

Для того, чтобы можно было использовать тепловую энергию атомных котлов для паровых турбин электростанций, необходимо, чтобы выходящая из атомных котлов вода имела температуру 250°С и выше под давлением до 100 атмосфер.

Для решения проблемы использования тепла выделяющегося при ядерной реакции в атомном котле, для энергетических целей в первую очередь необходимо было решить сложные задачи связанные с созданием тепловыделяющих элементов /урановых блочков/ способных выдержать, в поле мощного радиоактивного облучения, высокие температуры до 300°С и выше.

Опытный атомный котел для испытаний тепловыделяющих элементов.

Для этих целей необходимо было создать опытный физический атомный котел с мощным потоком нейтронов, обеспечивающий проведение экспериментальных работ по исследованию различных конструкций тепловыделяющих элементов.

По решению Правительства от 6 апреля 1950г. под руководством академика Курчатова И.В. был сконструирован ОКБ Гидропресс / гл.конструктор тов.Шолкович/ и построен в Лаборатории измерительных приборов АН СССР такой опытный физический котел /реактор МР/.

Работы по исследованию конструкции тепловыделяющих элементов на этом котле были начаты во II квартале 1952 года.

3. 82

Модели тепло-  
выделяющих  
элементов

В настоящее время проходит испытание трех моде-  
лей тепловыделяющих элементов отобранных как наибо-  
лее отвечающих поставленным требованиям.

Испытываемые три модели тепловыделяющих элемен-  
тов имеют следующие конструктивные особенности:

- модель, в которой кольца из урана залиты свинцом;
- модель, в которой кольца из урановой крошки связаны магнием (залиты магнием);
- модель, в которой кольца из урана помещены в рубашку из нержавеющей стали, заполненную гелием.

По результатам этих испытаний будет выбрана кон-  
струкция тепловыделяющего элемента.

Опытная элект-  
ростанция на  
атомной энер-  
гии.

Постановлением Правительства 12.VI-1951 года  
Первое главное управление обязывалось построить в  
Лаборатории "В", возглавляемой проф.Блохинцевым,  
опытную электрическую станцию на атомной энергии.

Лаборатория "В" Министерства среднего машино-  
строения расположена в 106 км от г.Москвы.

а) характери-  
стика опыт-  
ной элект-  
ростанции

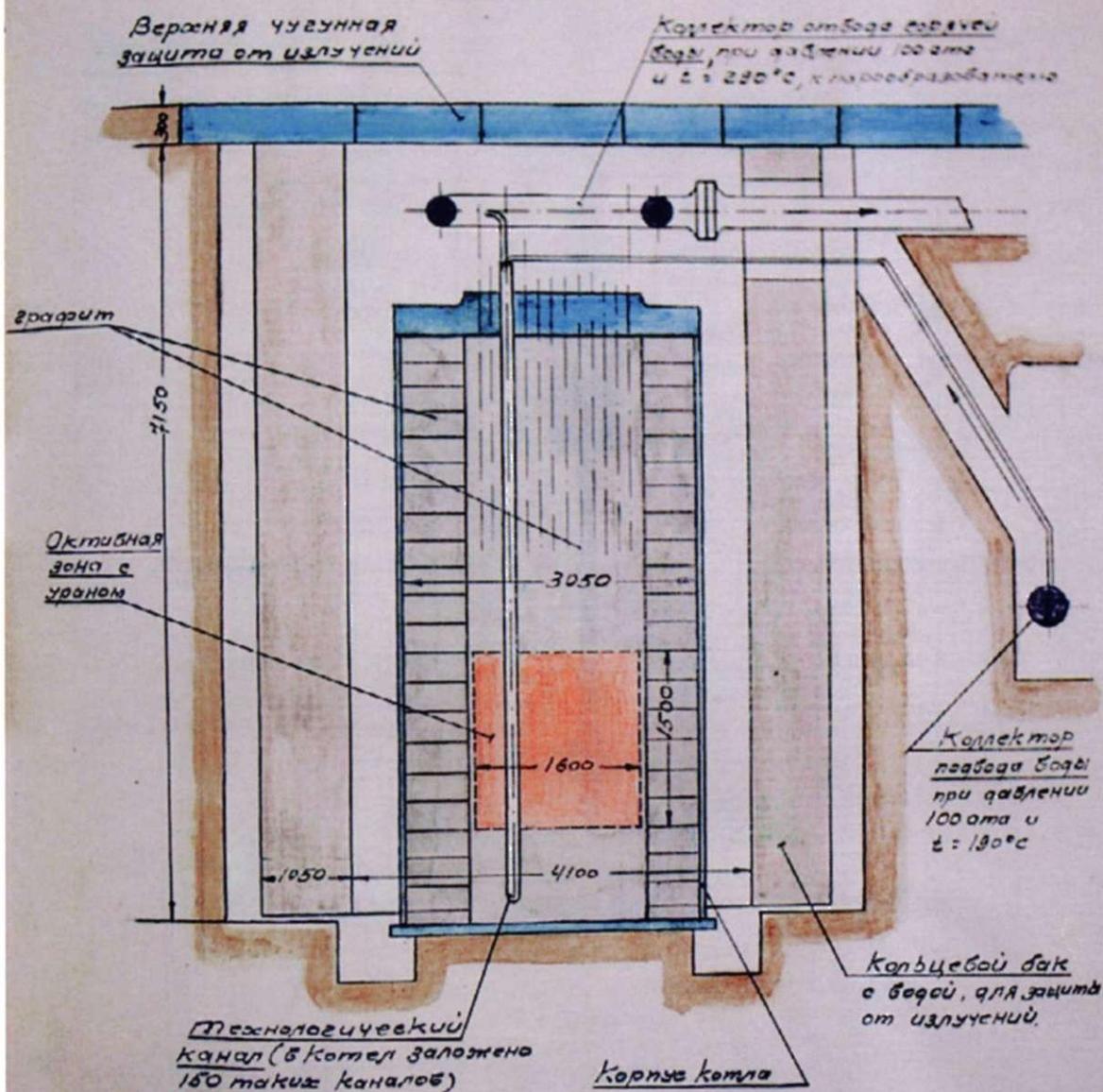
Опытная электростанция на атомной энергии раз-  
работана и спроектирована со следующими основными  
характеристиками:

- мощность атомного котла по тепловыделению - 30000 киловатт;
- мощность паровой турбины 5000 киловатт;
- вес закладываемого в атомный котел урана, обогащенного до 5% урана-235, - 550 кг (содержит 27,5 килограмма урана 235);
- температура воды, выходящей из котла, 290°C и давление 100 атмосфер;
- давление пара перед турбиной 12 атмосфер;
- турбина имеет электрогенератор переменного тока, дающий на клеммах 6000 вольт.

Сов. секретно

35

# Конструктивная схема атомного котла для электростанции мощностью 5000 кВт по паровой турбине

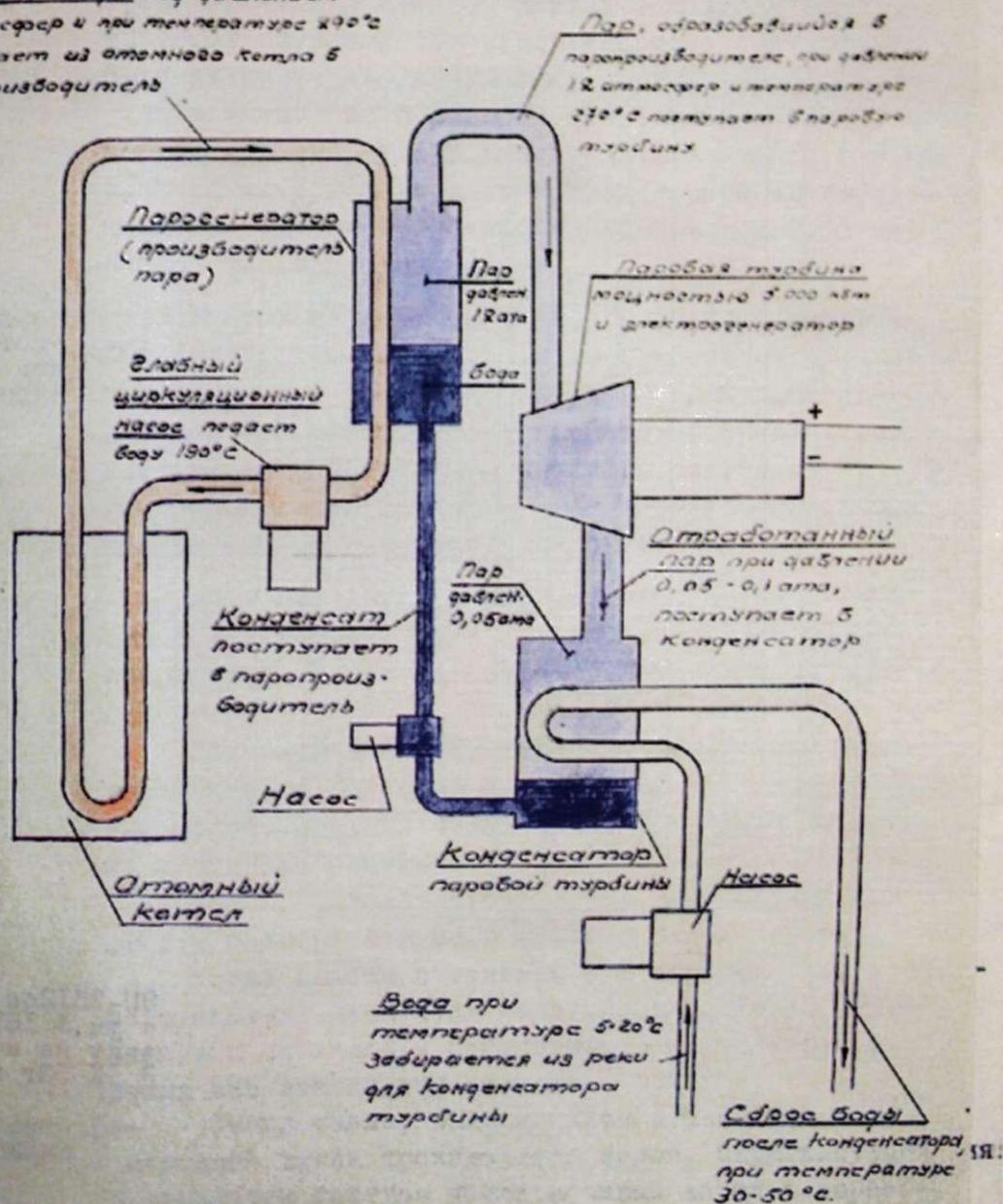


Сов. секретно

34

## Принципиальная схема электростанции на атомной энергии

Горячая вода под давлением 100 атмосфер и при температуре  $270^{\circ}\text{C}$  поступает из атомного котла в паропроизводитель



35

4.

- теплонапряженность урана этих тепловыделяющих элементов составляет 50-60 киловатт на килограмм урана / в атомных котлах в которых вырабатывается плутоний теплонапряженность составляет 2-10 киловатт на килограмм/;

- теплотем с поверхности тепловыделяющих элементов составляет 1,8 миллион кил.калорий с квадратного метра/ в атомных котлах в которых вырабатывается плутоний, теплотем составляет 0,35 миллионов кил.калорий.

Описание конструкции атомного котла для электростанции

Центральная часть атомного котла / реактор АМ/ электростанции собрана из графитовых брусков и заключена в стальной резервуар диаметром 3 мтр., высотой 4,5 метра. Через графитовые бруски проходит 157 технологических каналов, состоящих из трубок нержавеющей стали, покрытых тепловыделяющими элементами из обогащенного урана.

Активная зона, в которой идет ядерная реакция с выделением тепла, занимает среднюю часть графитовой кладки диаметром 1,6 метра и высотой 1,5 метра.

Для защиты от радиоактивных излучений графитовая кладка помещена в кольцевой бак, заполненный водой. Верхняя часть реактора накрыта толстыми чугунными плитами.

Урана, заложенного в котел, достаточно для работы электростанции в течение 3-х месяцев.

После работы в течение 3-х месяцев уран в тепловыделяющих элементах подлежит очистке от радиоактивных осколков и пополнению 3-мя килограммами урана 235 взамен выгоревшего.

Описание схемы электростанции

Отвод тепла, выделяющихся в активной зоне атомного котла производится водой, циркулирующей в замкнутом контуре через атомный котел и парообразователь; вода в парообразователе находится под

36

5.

давлением 100 атмосфер; это давление исключает возможность парообразования в замкнутом контуре циркуляции.

Парообразователь сконструирован в виде трубчатого теплообменника, в котором за счет тепла воды, циркулирующей через реактор, происходит испарение подаваемого конденсата/ из конденсатора паровой турбины/ с выработкой пара давлением 12 атмосфер, перегретого до 270°C.

Перегретый пар поступает в паровую турбину и из турбины в виде отработанного пара под давлением 0,05-0,1 ата поступает в конденсатор.

Охлаждение конденсатора турбины, как и на обычных электростанциях, производится водой, подаваемой насосами из водоемов.

Характеристика строительства.

Опытная атомная электростанция, строящаяся в Лаборатории "В", включает следующие сооружения, общей стоимостью около 130 млн.рублей:

- здание атомного котла, в котором расположены: атомный котел, 8 парообразователей, пульт управления, лаборатории и др. объемом 50 тыс.м<sup>3</sup>;
- здание теплоэлектростанции /ТЭЦ/, где расположены 2 турбины и другое оборудование, объемом около 60 тыс.м.<sup>3</sup>, с установленными на ней двумя паровыми турбинами;
- здание очистки от радиоактивных примесей, сточных вод и сбросных газов, включая вентиляционную трубу высотой 100 м, общим объемом 12.500 м<sup>3</sup>;
- насосную станцию для подачи воды из реки, с соответствующими коммуникациями 2000 м<sup>3</sup>
- жилые дома с полезной площадью около 11.000 м<sup>2</sup>.

3  
Состояние работ по атомной электростанции.

а) состояние работ по зданию котла

6. 37  
На 1 сентября 1953 г. освоено капиталовложение на сумму около 98 млн.рублей, в том числе строительно-монтажных работ на 56 млн.рублей и оборудования на 27 млн.рублей.

Здание, в котором будет находиться атомный котел и парообразователи, закончено строительством в той части, где будет монтироваться котел, включая установку постоянного мостового крана, грузоподъемностью 75 тонн. Вторая часть этого здания, в которой будут устанавливаться парообразователи, еще продолжает строиться (закончено бетонирование подземной части). К концу 1953 года будет закончено строительством.

Оборудование для этого здания котла в значительной части изготовлено и находится на объекте, включая корпус атомного котла. Намечено приступить к монтажу корпуса котла в сентябре с.г.

Остальная часть оборудования изготавливается, в том числе: - главные циркуляционные насосы, часть пульта управления, графитовые блоки и некоторые приборы.

Изготовление тепловыделяющих элементов для этого котла подготавливается на заводе № 12 Министерства среднего машиностроения. Намечено приступить к изготовлению тепловыделяющих элементов в конце IV квартала с.г., после окончания контрольных испытаний образцов элементов в опытном физическом реакторе Лаборатории измерительных приборов.

Работы по зданию атомного котла по уточняемому в настоящее время графику, предполагается закончить в I квартале 1954 года, после чего будут начаты пуско-наладочные работы.

38  
7.

б/ состояние работ по ТЭЦ

Здание теплоэлектростанции строительством в основном закончено / ведутся отделочные работы / и в настоящее время производится монтаж оборудования. Турбина, предназначенная для работы с атомным котлом, заканчивается монтажом.

В сентябре с.г. будут начаты пуско-наладочные работы ТЭЦ и в октябре-ноябре с.г. ТЭЦ будет частично введен в действие на вспомогательных паровых котлах.

в/ состояние работ по остальным объектам.

Строительство здания очистки сточных вод и сбросных газов от радиоактивных примесей производится; этот объект намечено закончить в I квартале 1954 года.

Насосная станция на реке в основном строительством закончена. Производится монтаж насосов.

причины задержки строительства электростанции.

Работы по созданию атомной электростанции сильно затянулось, так как решение главной задачи - создание стойких тепловыделяющих элементов, оказалось чрезвычайно трудным. Кроме того вследствие отсутствия опыта, задержалось проектирование и имело место опоздание строительных работ и в поставке оборудования.

Значение строительства опытной электростанции на атомной энергии.

Решением проблемы создания электростанции атомной энергии, в виде опытной станции, которая строится в Лаборатории "В", открываются большие перспективы в области использования атомной энергии для народного хозяйства, для электростанции и транспортных установок.

Атомные транспортные силовые установки, в определенных условиях, будут иметь большие преимущества перед установками, работающими на угольном или нефтяном топливе. На транспорте

39

8.

с атомными силовыми установками не потребуется больших емкостей для запасов топлива и будет обеспечена возможность хода транспорта без необходимости остановок для пополнения запасов топлива.

Так, например, мощный ледокол с атомной силовой установкой будет иметь возможность непрерывно плавать длительное время, в течение нескольких лет.

С 1952 года ведется проектирование атомных силовых установок для подводной лодки. Ввод в действие опытной атомной электростанции будет иметь большое значение для работ по созданию атомных двигателей подводной лодки.

Кроме работ по созданию атомной электростанции на мощность 5000 квт, ведутся расчетные и исследовательские работы по созданию атомных котлов на быстрых нейтронах, которые могут оказаться более подходящими для электростанций.<sup>2)</sup>

Учитывая экспериментальную неизученность процесса на быстрых нейтронах, в 1954 году намечено построить только опытный физический котел на быстрых нейтронах / мощность 100 киловатт/. К настоящему времени разработано проектное задание установки и подготавливается проект решения Правительства.

*Б. Ванников*  
Б. Ванников

№ сп-1547/1

"3." сентября 1953 года

Архив Президента Российской Федерации. Подлинник

<sup>2)</sup> В Лаборатории «В» предварительные работы по быстрым реакторам были начаты по инициативе А.И. Лейпунского в 1949-1950 гг. В 1949 г. он обратился к И.В. Курчатову с обоснованием перспективности этого направления, к 1950 г. относится его первая работа в этой области — «Системы на быстрых нейтронах».

*Д. Блохинцев*

Соз. секретно  
РАССЕКРЕТИТЬ

*Удостоверен  
Д. Блохинцев  
Д. М. Овечкина  
А. К. Красина  
Д. Блохинцев*

К С В Е Д Е Н И Ю

Категорически воспрещается снятие копий и выписок из настоящего приказа

**П Р И К А З**  
МИНИСТРА СРЕДНЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР  
№ 286сс

г. Москва

26 марта 1954 г.

В связи с предстоящим завершением работ по пуску электростанции В-10, П Р И К А З Н В А Ю:

1. Назначить, для проверки готовности электростанции В-10 к пуску и эксплуатации, комиссию в следующем составе:

- |                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. Славский Е.П.   | - председатель комиссии     |
| 2. Поздняков Б.С.  | - зам.председателя комиссии |
| 3. Блохинцев Д.И.  |                             |
| 4. Долмезаль Н.А.  |                             |
| 5. Григорьянц А.Н. |                             |
| 6. Николаев Н.А.   |                             |

2. Поручить указанной комиссии произвести проверку готовности электростанции В-10 к пуску и последующей эксплуатации, в том числе:

а/ произвести длительное испытание совместной работы всех механизмов реактора АМ /включая циркуляцию воды в контуре высокого давления/, а также совместную работу устройств реактора и ТЭЦ при разных температурах, включая воз

[Резолюция:]

Ознакомить тов. Николаева Н. А., тов. Овечкина Д. М., тов. Красина А. К. 31.III.[19]54. Д. Блохинцев.

2.-

можно более близкие к эксплуатационным; разработать и утвердить программу этих испытаний;

б/ произвести испытания отдельных узлов, агрегатов и приборов установки АМ под личным наблюдением членов комиссии;

в/ осуществить по специально разработанной комиссией программе, под ее надзором, физический пуск реактора, с поднятием мощности по тепловыделению до 100 квт.;

г/ рассмотреть отклонения в установленном оборудовании от утвержденной проектной документации и принять решения об их допустимости;

д/ указать основные недоделки, порядок и необходимые сроки их ликвидации;

е/ проверить наличие основных эксплуатационных инструкций;

ж/ проверить подготовленность эксплуатационного персонала к пусковым работам, эксплуатации установки, в том числе наличие необходимого инструмента для ликвидации повреждений;

з/ специально рассмотреть и проверить безопасность работы персонала при пуске и эксплуатации установки и в случаях возможных аварий;

и/ обеспеченность запасными частями, оборудованием, приборами и т.д. на случай выхода из строя отдельных узлов установки;

к/ рассмотреть и рекомендовать программу работы электростанции В-10 на период работы I-й закладки заготовок.

Для тщательной проверки отдельных систем и узлов установки выделить вспомогательные комиссии, акты которых приложить к заключению комиссии.

3. Комиссии приступить к работе, с въездом на места, с 27.III-1954 г. и представить в месячный срок на утверждение заключение о готовности установки к вводу в эксплуатацию.

3.-

4. Директору Лаборатории "В" т.Блохинцеву Д.И. обеспечить предоставление комиссии необходимых условий для работы.

Ввод в действие установки АМ и поднятие нагрузки выше 100 квт произвести после утверждения в Министерстве среднего машиностроения заключения комиссии о готовности установки В-10 к пуску и эксплуатации.

Министр  
среднего машиностроения

В.Малышев



Введен

Секретно.  
РАССЕЛЛЕНО

**П Р И К А З**  
**П О А Э С .**

**СОДЕРЖАНИЕ:** Об укомплектовании дежурных смен.

№ 02

"13" апреля 1954 года.

**П Р И К А З Ы В А Ю :**

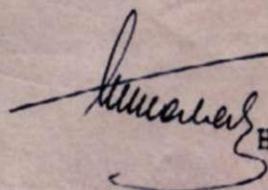
I. Укомплектовать дежурные смены хозяйства в составе:

№ п/п	Должность	Фамилия, имя и отчество			
		Смена № 1	Смена № 2	Смена № 3	Смена № 4
1	2	3	4	5	6
1.	Нач. смены. Архангельский Ю.В.	Батуров Б.Б.	Ремизов В.А.	Ушаков Г.Н.	
2.	Зам.нач. смены Лыткин В.Б.	Тимошенко Р.В.	Садовников И.А.	вакантно.	
3.	Ст.инж. по управ. Карпов А.В.	Вьюнников В.И.	Шмелев В.И.	Парфирьев В.А.	
4.	Инж. по управ. Евдокимов Ю.В.	Болонкин С.А.	Мераликин Г.В.	Кочетков Л.А.	
5.	Дек. техн. по Ш-МН.	вакантно	Никонова В.П.	Максимов Н.	вакантно.
6.	Дек. инж. КИП и А.	-"-	Горлинов И.А.	Шестков Д.И.	Богданова Н.В.
7.	Дек. техник КИП и А.	Машнев В.А.	Копченев В.А.	Карпов В.И.	Ерофеев Б.А.
8.	Дек. по Ш.М.Р.	вакантно	Иванов В.В.	Кожемяко В.М.	Осинчук В.А.
9.	Дек. механик КИП.	Галушко С.С.	Тордунов А.Д.	Алексеев А.И.	Александрин С.П.
10.	Дек. инж.-элект.	Сырыгин Б.Г.	Грюнберг Ю.В.	Ермилин К.В.	Кольженков А.М.
11.	Дек. эл-р по Ш.У.	Ардабьев Н.Г.	Болобанов Н.Т.	Королев А.К.	Анненков Е.И.
12.	Дек. эл-р по Ш. пост. тока	Першин А.Г.	Гнедов А.П.	Хамидуллин С.Г.	Голиков А.Д.
13.	Дек. эл-р по машзалу.	Пономаренко Н.Г.	Кононов В.Ф.	Яцкевич И.И.	Подцеников Ф.А.

1	2	3	4	5	6
14.	Деж. эл-р по ад. (109)	Бережет П.Г.	Акимов Т.Т.	Ефимов	Ефремов С.И.
15.	Деж. эл-р по У.Н.О.	Евдокимов П.И.	Трошин Л.И.	Ломовацкий А.И.	вакантно.
16.	Деж. эл-р по ЦН-6.	Резодубов В.И.	вакантно	вакантно	вакантно
17.	Деж. мастер-механик.	Гулибин К.И.	Пенкин Б.В.	Масленкин А.М.	Бабин А.И.
18.	Деж. слесарь Ц.З.	Звонков А.М.	Дружидин И.В.	Повдников Ф.П.	Гостев В.А.
19.	Деж. слесарь по насосной.	Николаев С.Б.	Козырев В.И.	Андреев П.А.	Семенов В.Г.
20.	Деж. слесарь по сантехн.	Полетаев А.И.	Харабаркин В.И.	Баранов И.М.	Комолов В.А.
21.	Деж. слесарь по ад. (109)	Алимов А.К.	Панчук А.О.	Судаков А.И.	вакантно.
22.	Деж. техник по "Д".	Соколов Д.П.	Сомов Г.Ф.	Тихомиров И.И.	Афонин В.Ф.
23.	Деж. на пульте "Д".	Никонов Е.А.	Широковский Ю.Л.	Новикова Т.А.	Доброва Н.С.

2. Начальникам смен провести работу с персоналом своей смены по освоению рабочих мест, сплочению коллектива и укреплению трудовой и производственной дисциплины с тем, чтобы пустить и освоить установку в кратчайший срок.

3. Для знакомства с персоналом начальникам смен участвовать в комиссиях по проверке знаний работников своих смен по обслуживанию рабочих участков.

  
НИКОЛАЕВ.

СОВ. СЕКРЕТНО  
РАССЕКРЕТИТЬ

П Р И К А З  
П О А В С .

СОДЕРЖАНИЕ: О начале и порядке пусковых физических работ на аппарате "АМ".

№ 004

"6" мая 1954 года.

1. Научным руководителем пуска является тов. БЛОХИНЦЕВ Д.И.
2. Для проведения пусковых работ назначаются дежурные научные руководители т.т. КРАСИН А.К., ДУБОВСКИЙ Б.Г., МИНАШИН М.Е. и помощниками дежурных научных руководителей т.т. КОНОВАЛОВ В.А., ИНОТИН Е.И., ЛАНЦОВ М.Н., КАМАЕВ А.В.
3. Дежурные руководители пуска подчиняются непосредственно научному руководителю пуска.
4. Дежурные научные руководители посменно дежурят во время пусковых работ и отвечают за безопасность аппарата и персонала.
5. Оперативные распоряжения дежурного научного руководителя обязательны для начальника смены и старшего инженера по управлению.
6. Пусковая группа физиков подчинена непосредственно дежурному научному руководителю. Состав пусковой группы утверждается научным руководителем пуска.
7. Дежурный научный руководитель составляет конкретный план работы для каждой смены, утверждаемый научным руководителем пуска.

2.

8. Все операции по постановке и извлечению рабочих ТК и др. каналов аппарата, измерительных приборов, операций по подаче и отключению воды в каналы аппарата проводятся только по указанию дежурного научного руководителя.

9. Операции на аппарате выполняются дежурным инженером по ЦЗ под контролем начальника объекта, главного инженера или его заместителя.

10. Действия дежурных научных руководителей и всего персонала осуществляющего пусковые работы должны производиться в соответствии с инструкцией, утвержденной тов. СЛАВСКИМ Е.П. и мною.

*Ф. Блохинцев* Д. БЛОХИНЦЕВ.

Секретно  
РАСКЛАДОВАНО

П Р И К А З  
НАЧАЛЬНИКА ОБЪЕКТА 102.

№ 15

от "//" июня 1954 года.

В связи с выходом аппарата "АМ" на мощность, с целью создания условий безопасности работы и обеспечения эффективного контроля работников, -

П Р И К А З Ы В А Ю :

1. Начальникам смен и служб следить за тем, чтобы все работники зд. 102 при исполнении своих обязанностей руководствовались инструкцией по биологической технике безопасности.

2. Начальнику службы "Д" с 12.06-54 г. обеспечить всех работников фотокассетами и обеспечить постоянный контроль за уровнем поля излучения и активности воздуха в помещениях.

3. т. ПОНОМАРЬ обеспечить нормальную работу санпропускника. Раскрепить шкафчики за работниками, сделать на дверцах шкафов надписи фамилий.

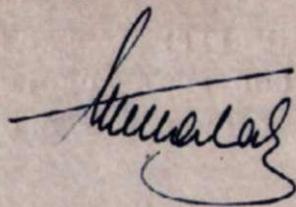
4. Начальникам смен и служб обеспечить сменных и дневных работников всеми видами дежурной одежды, защитных приспособлений и защитных средств, выделив все необходимое в распоряжение дежурных инженеров служб.

5. Начальникам смен и служб довести до сведения всех работников смен и служб, что перед принятием смены работник должен переодеться в спецодежду, получить у дежурного техника-дозиметриста, на пункте "Д", фотокассету и только после этого принимать смену.

2.

По окончании рабочего дня проверить спецодежду, обувь, руки на приборах службы "Д", расположенных в душевых, сдать фотокассету дежурному технику, на пункт "Д", одеть свою одежду и покинуть здание.

6. Контроль за выполнением настоящего приказа возлагаю на работников службы "Д".



/Н.НИКОЛАЕВ/.

" УТВЕРЖДАЮ "

*Славский*  
В. СЛАВСКИЙ.

25 июня 1954 года.

Сек. секретно  
РАССЕКРЕТНЕНО

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

*Д.И. Блохицкий*  
Д.И. БЛОХИЦЕВ.А К Т

Комиссии по физическому пуску аппарата "АМ".

Комиссией в составе: КРАСНИА А.К. (председатель) ДРБОВСКОГО Б.Г., КСИОВАЛОВА В.А., УШАКОВА Г.Н. составлен настоящий акт в нижеследующем:

1. Работы по физическому пуску аппарата "АМ" проводились в соответствии с программой работ по физическому пуску, инструкцией инв. № АС-325, утвержденными председателем приемочной комиссии Министерства тов. СЛАВСКИМ В.П., директором лаборатории "В" тов. БЛОХИЦЕВЫМ Д.И. от 5 мая 1954 г. Кроме того, на каждый день научным руководителем тов. БЛОХИЦЕВЫМ Д.И. утверждалось задание.

2. Для обеспечения работ по физическому пуску к 6 мая 1954 г. в аппарат "АМ" была установлена специальная счетно-регистрирующая аппаратура, подготовленная в лаборатории "В". Счетные устройства были расположены в помещении главного пульта.

Для увеличения безопасности работ, надежности и точности измерений дополнительно к проектной аппаратуре было установлено:

а/ три, расположенных в активной зоне аппарата, счетчика с перечисленными устройствами;

б/ три, параллельно соединенных и расположенных в активной зоне аппарата, камеры КНТ-55 с выходом на гальванометр МСЗГ-0,8;

в/ делку н. <sup>1)</sup>

Работы проводились с использованием источника нейтронов со спектром, аналогичным спектру реакции.

3. Загрузка аппарата технологическими каналами начата 6 мая 1954 года. 9 мая 1954 года в 16 часов 30 мин. при загрузке 58 технологических каналов был достигнут коэффициент размножения  $K=50$ .

4. Первый выход на самоподдерживающуюся цепную реакцию в аппарате "АМ" был достигнут 9 мая 1954 г. в 19 час. 07 мин. Критическая масса определена в  $60 \frac{1}{4}$  технологического канала с заполнением их технологической водой, при этом в активную зону были установлены 18 шт. каналов для размещения стержней ручного регулирования (РР), 2 канала стержней медленной аварийной защиты (МАЗ) и в отражателе 4 канала для стержней автоматического регулирования (АР).

Все стержни при достижении критической массы были в верхнем крайнем положении.

В каналы стержней регулирования вода не подавалась за исключением одного канала стержня РР внутреннего кольца, в который было залито около трех литров воды. Свободные отверстия для технологических каналов были заполнены графитовыми пробками.

Для указанной загрузки системы расчетное значение критической массы определено в 59 технологических каналов при расчете на просушенный графит всей кладки и отражателя.

Загрузка системы и расположение аппаратуры при достижении первой критической массы дана на картограмме № 1.

5. В целях определения влияния технологической и аварийной воды в аппарате на его реактивность была произведена загрузка аппарата технологическими каналами без залива в них технологической воды.

Критическая масса на технологических каналах без воды достигнута при 101 канале 18 мая 1954 года в 22 часа 30 мин. Расчетное значение критической массы для этого случая  $100 \frac{1}{2}$  канала.

6. При загрузке в аппарат 101 канала изучено влияние на реактивность технологической воды, заполняющей трубку канала, и "аварийной" воды, заполняющей зазоры в графитовой кладке. Изучение проведено по пяти ячейкам вдоль радиуса.

Залив "аварийной" воды проводился в специальный экспериментальный канал, помещенный в чехол из алюминиевой трубы.

Идентичность нормального и экспериментального каналов установлена специальным измерением. Результаты измерений представлены на графике В 1.

7. Загрузка системы до 126 технологических каналов произведена 28 мая 1954 года.

При загрузке в 126 технологических каналов критическая масса достигнута при погруженных 6-ти стержнях РР внутреннего кольца и 2-х стержнях РР внешнего кольца.

8. При загрузке в 128 технологических каналов произведена градуировка поглощающей способности стержней АР и РР.

Установлено, что перемещение на 10 см стержня АР в его линейной части при температуре кладки и воды в аппарате около  $20^{\circ}\text{C}$  вызывает изменение реактивности аппарата на  $K=4,5 \cdot 10^{-4}$  в единицах К эфф.

Установлено, что один стержень РР внешнего кольца, без окружения его соседними стержнями эквивалентен 130 см линейной части АР.

Установлено, что три стержня РР внутреннего кольца при извлечении их через один из числа шести эквивалентны пяти стержням РР наружного кольца.

9. Результаты опытов по эффекту воды в системе со 101 каналом, а также результаты калибровки стержней при 128 каналах, загруженных в аппарат, показывает, что заполнение водой аппарата с избытком компенсируется опусканием всех стержней РР, МАЗ и АР.

10. По ходу работы физического пуска аппарата "АМ" произведены следующие работы по опробованию проектной аппаратуры:

а/ выполнен переход на автоматическое управление аппарата при малой мощности. Для выполнения этого в активную зону аппарата вводилась камера КНТ-50 с подключением ее параллельно камере КНТ-115 первого диапазона;

б/ выполнено срабатывание МАЗ от УА. Для выполнения этого в активную зону аппарата вводилась камера КНТ-55 с подключением ее параллельно камере УА первого диапазона;

в/ произведено опробование пусковых счетчиков. Установлено, что для достижения большей чувствительности пусковые счетчики должны быть опущены на 150 см против проектного расположения.

11. Проведен выход на критическое состояние при пропуске через технологические каналы воды, подогретой от 50°С до 170°С при достижении температуры графита в центре 170°С и на периферии аппарата 80°С.

Установлено, что при этом происходит потеря реактивности системы, эквивалентной изменению в 305 см линейной части АР.

12. В результате физического пуска установлено:

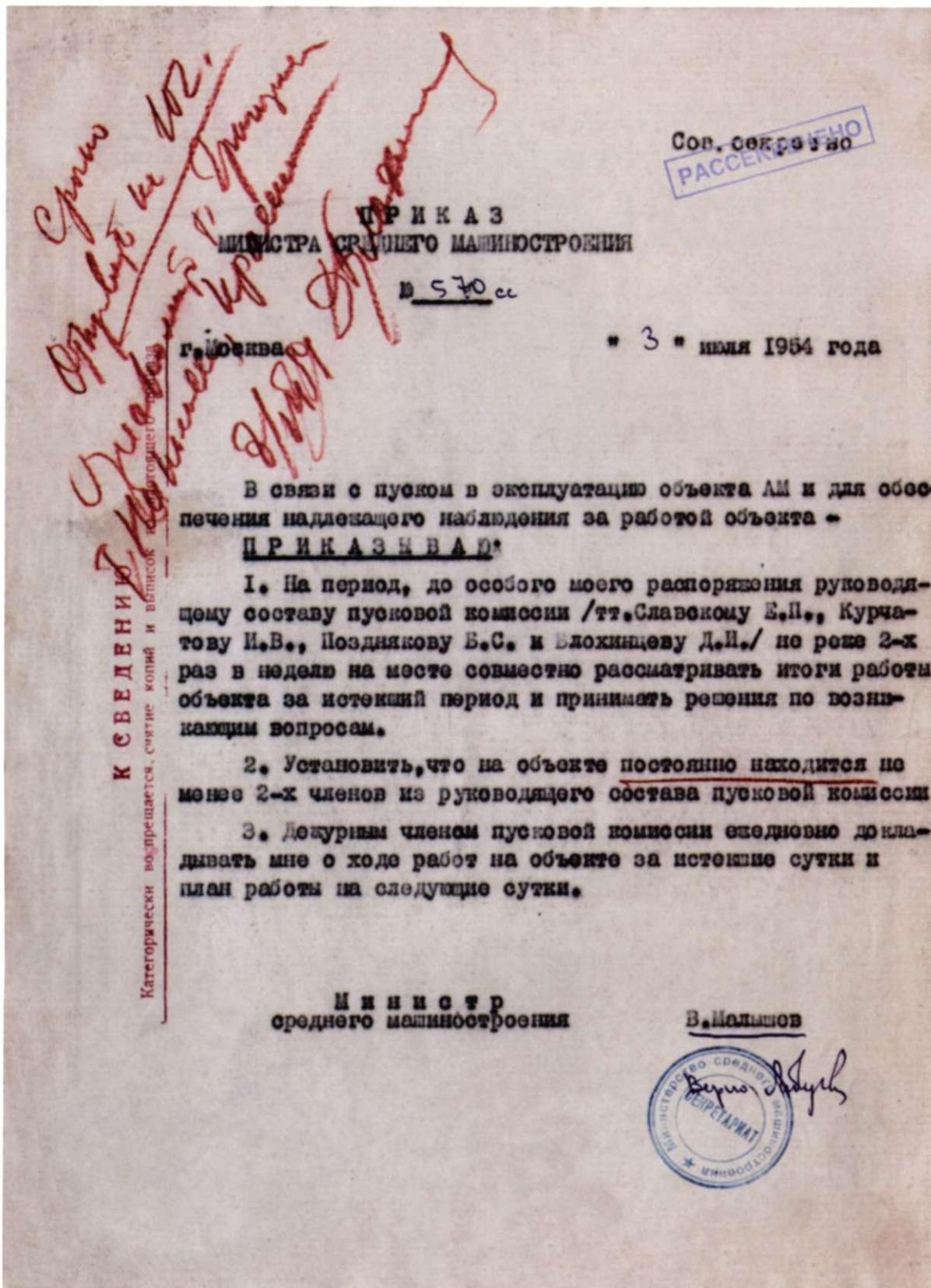
а/ проектная картограмма загрузки аппарата - выбрана правильной;

б/ расчетные данные загрузки и компенсирующей способности стержней хорошо согласуются с экспериментальными данными;

в/ примененная контрольно-счетная аппаратура полностью соответствовала предъявлявшимся к ней требованиям.

Аппарат "АМ" при загрузке 128 технологическими каналами может быть рекомендован для запуска его с выходом на мощность.

Арушин / КРАСИН /  
Губыч / ДУБОВСКИЙ /  
Монин / КОНОВАНОВ /  
Щелкун / УШАКОВ /



Соп. секретно  
РАССЕКРЕТНЕНО

**П Р И К А З**  
**МИНИСТРА СРЕДНЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

№ 570 сс

г. Москва

« 3 » июля 1954 года

В связи с пуском в эксплуатацию объекта АМ и для обеспечения надлежащего наблюдения за работой объекта —

**П Р И К А З И В А Ю**\*

1. На период, до особого моего распоряжения руководящему составу пусковой комиссии /тт.Славскому Е.П., Курчатову И.В., Позднякову В.С. и Блохинцеву Д.И./ не реже 2-х раз в неделю на месте совместно рассматривать итоги работы объекта за истекший период и принимать решения по возникающим вопросам.
2. Установить, что на объекте постоянно находится не менее 2-х членов из руководящего состава пусковой комиссии.
3. Докурным членом пусковой комиссии ежедневно докладывать мне о ходе работ на объекте за истекшие сутки и план работы на следующие сутки.

**М и н и с т р**  
**среднего машиностроения**

**В. Малышев**

*В. Малышев*  
СЕРТАРНАТ

К СВЕДЕНИЮ  
Категорически воспрещается снятие копий и выписка из настоящего приказа

*Срочно  
Отправить на 102  
Ознакомить т. Григорьянца, т. Николаева,  
[т.] Красина. 07.07.1954. Д. Блохинцев.*

[Резолюция:] Срочно отправить на 102 [здание]. Ознакомить т. Григорьянца, т. Николаева, [т.] Красина. 07.07.1954. Д. Блохинцев.

Архив ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ». Заверенная копия

Сов. секретно.  
РАССЕКРЕЧЕНО

П Р И К А З  
П О А Э С.

№ 000

от "9" июля 1954 г.

В связи с окончанием работ по физическому пуску аппарата "АМ" и вводом аппарата "АМ" в эксплуатацию (приказ Министра № 570сс от 3 июля 1954 г.), -

П Р И К А З Ы В А Ю :

1. Приказ по АЭС № 004 от 6 мая 1954 г. о начале и порядке пусковых физических работ на аппарате "АМ" - отменить.

2. Впредь до особого моего распоряжения научное руководство работами на аппарате "АМ" будет осуществляться мною, моим заместителем тов. КРАСИНЫМ А.К. и зав. подразделением № 3 тов. ДУБОВСКИМ Б.Г.

3. Устанавливаю следующий порядок работы лиц, ответственных за научное руководство работами на аппарате "АМ":

а/ на каждые сутки графиком, утвержденным мною, определяется ответственное лицо (лично я, тов. КРАСИН А.К. или тов. ДУБОВСКИЙ Б.Г.), место пребывания которого должно быть известно начальнику смены или старшему инженеру по управлению аппаратом.

2.

Примечание: При отсутствии особой необходимости пребывания в здании 102 в вечернее и ночное время ответственное лицо находится дома и может быть вызвано начальником смены по мере возникновения необходимости.

Пуск аппарата "АМ" с "нуля" производится в соответствии с утвержденной мною инструкцией: Дежурный научный руководитель обязан присутствовать при пуске "с нуля" после длительной остановки аппарата.

В случае каких либо сомнений в отношении работы аппарата или аварии начальник смены обязан вызвать дежурного научного руководителя.

4. Настоящий приказ ввести в действие с 00ч.00м. 10 июля 1954 года.

*Д. Блохинцев* Д. БЛОХИНЦЕВ.

22 июля 1954 г.

ОСОБАЯ НАПКА  
СОВ. СЕКРЕТНО  
/особая напка/

63

Товарищу МАЛЕНКОВУ Г.М.

Товарищу ХРУЩЕВУ Н.С.<sup>1)</sup>



Докладываем о работе атомной электростанции В-10 в первый период ее эксплуатации.

Первая цепная реакция на атомном котле АМ электростанции В-10 была осуществлена 9 мая с.г., при закладке в котел 60 технологических каналов с урано-ванадиевыми тепловыделяющими элементами /из общего количества 128 каналов/.

С 12 по 24 июня с.г. агрегат АМ работал при мощности от 10 до 75%, на специальном опытном режиме, без выработки пара.

В этот период было установлено удовлетворительное совпадение расчетно-физических характеристик с действительно полученными на агрегате.

В конце суток 26 июня 1954 г. был получен и выдан пар на паровую турбину и опробована работа турбины с электрической нагрузкой в 1500 квт.

С 27 июня 1954 г. по настоящее время атомная электростанция В-10 работала при мощности около 50-60% от номинальной - 2-2,5 тыс.квт. Вырабатываемая электроэнергия потреблялась Лабораторией В, ее жилым поселком и частично передавалась в систему Мосэнерго.

В истекший период, на указанном режиме, урановые тепловыделяющие элементы работали удовлетворительно. Заменен только один технологический канал /состоящий

*Хранить в архиве Президиума, у нас нет.*

*В. Маленков*  
27 VII 54. 2)

64

- 2 -

из 4-х тепловыделяющих элементов/ из-за течи вне тепловыделяющей части.

Другой важный узел агрегата - главные циркуляционные насосы первого водяного контура - работали также удовлетворительно.

За период работы агрегата АМ на выработку электроэнергии выявлен ряд дефектов в изготовлении отдельных деталей агрегата, устранение которых вызывало кратковременные остановки агрегата.

Некачественными оказались сварные швы дроссельных устройств для замера расхода воды в технологических каналах, поставленные заводом "Манометр" Министерства машиностроения и приборостроения. Завод "Манометр" к настоящему времени уже изготовил новый комплект этих устройств.

Выявились также другие мелкие дефекты, которые должны быть исправлены при очередном планово-предупредительном ремонте агрегата.

По истечении первого месяца работы электростанции В-10, т.е. с 26 июля с.г., намечено остановить ее на 5-6 дней для тщательного осмотра механизмов и устранения отдельных дефектов, выявившихся при эксплуатации.

После окончания этих работ и опробования агрегата, предполагается поднять мощность электростанции до 75%, а затем на 100% от номинальной мощности для изучения работы ураковх тепловыделяющих элементов при более высокой температуре и в более мощном потоке нейтронов.

Помимо дальнейшего изучения работы конструктивных

65

- 3 -

элементов агрегата, намечено приступить к проведению ядерно-физических опытных работ, исходя из необходимости скорейшего получения важнейших данных для разработки энергетических атомных котлов большой мощности.

В Лаборатории В в настоящее время созвано совещание для обсуждения программы научно-исследовательских и опытных работ на атомном агрегате АМ.<sup>3)</sup>

В. Малышев 22/7  
 В. Малышев  
 Б. Ванников  
 Е. Славский  
 И. Курчатов  
 Д. Блохинцев

Иск. см. 1147/2.  
 RR-vii-54.

Архив Президента Российской Федерации. Подлинник

<sup>1)</sup> Докладная записка адресована председателю ЦК КПСС Г.М. Маленкову и первому секретарю ЦК КПСС Н.С. Хрущеву, подготовлена 22 июля 1954 г. и подписана министром среднего машиностроения СССР В.А. Малышевым, первым заместителем министра среднего машиностроения СССР Б.Л. Ванниковым, заместителем министра среднего машиностроения СССР, активным участником создания АЭС Е.П. Славским, научным руководителем атомного проекта и директором ЛИПАН И.В. Курчатовым, научным руководителем работ по АЭС и директором Лаборатории "В" Д.И. Блохинцевым. (АП РФ. Ф. 3, оп. 47, д. 78, л. 63-65.)

<sup>2)</sup> Помета сотрудника общего отдела ЦК КПСС, означавшая, что документ остается на особо секретном хранении и не передается в общий архив.

<sup>3)</sup> Сохранились личные заметки нескольких участников этого совещания, в одной из которых есть запись о предложении закрыть АЭС, так как в принципе возможность получения атомной энергии уже доказана. Против этого предложения выступил Е.П. Славский.

## СЛОВАРЬ ЛЕГЕНД

(шифрованных наименований специальных терминов),  
встречающихся в документах

Алюминий	—	бериллий (см. также <i>рубидий</i> )
Керамика	—	графит
Кристаллизатор	—	реактор
Марс	—	уран (см. также <i>олово</i> )
Метеорит	—	нейтрон
Навеска	—	тепловыделяющий элемент, твэл
Неон	—	гелий
Окуривание	—	облучение
Олово	—	уран (см. также <i>марс</i> )
Поле расходов	—	поток нейтронов
Рубидий	—	бериллий (см. также <i>алюминий</i> )
Увлажнение	—	облучение, обогащение
Хладагент	—	теплоноситель

## ПЕРВАЯ АТОМНАЯ<sup>1)</sup>

Д.И. БЛОХИНЦЕВ

После беседы с В. И. Лениным в Кремле о плане ГОЭЛРО автор фантастических романов Г. Уэллс назвал Владимира Ильича «кремлевским мечтателем». Всей фантазии Уэллса оказалось недостаточно, чтобы оценить способность ленинского гения предвидеть будущее... В конце 1920 г. в Москве заседал VIII Всероссийский съезд Советов. Он обсуждал «вторую программу Коммунистической партии» — план хозяйственного возрождения и развития страны, план ГОЭЛРО. На сцене Большого театра, в помещении которого проходил съезд, висела большая карта Советской

России. Горящими лампочками на ней были обозначены места сооружения 30 планируемых электростанций. «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны»<sup>2)</sup>, — сказал в своем выступлении на съезде В. И. Ленин<sup>3)</sup>. В то время многим идеи электрификации России казались утопией. Но «утопия» стала реальностью. Сейчас в нашей стране вырабатывается в сотни раз больше энергии, чем в дореволюционной России.

Начало новой, современной эпохе в развитии энергетики — эпохе атомной энергии — не случайно было положено в нашей стране,

---

*Блохинцев Дмитрий Иванович* (1908–1979), физик-теоретик, доктор физ.-мат. наук (1935), член-корр. АН СССР (1958), член-корр. АН УССР (1938). Родился в Москве. Окончил МГУ (1930).

С 1933 г. — старший научный сотрудник НИИФ МГУ, в 1935–1979 гг. — профессор МГУ, в 1935–1950 гг. — старший научный сотрудник ФИАН. В 1947 привлечен к работам по советскому атомному проекту: в 1947–1950 гг. — научный консультант 9-го Управления МВД СССР. С 1950 г. — директор и, одновременно, заведующий теоретическим отделом Лаборатории «В». С 1956 г. — первый директор ОИЯИ в Дубне, в 1965–1979 гг. — директор Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Исследования в области теоретической физики, теории твердого тела, оптики, квантовой механики, теории поля и частиц, акустики; работы по философии естествознания (квантовая механика, теория относительности) и техники (теория реакторов и реакторостроения). Один из авторов проекта и научный руководитель создания Первой в мире АЭС (г. Обнинск). В 1951–1955 гг. в ФЭИ под его руководством проводились расчетно-теоретические исследования по созданию термоядерного взрывного устройства (водородной бомбы). В ОИЯИ при его участии проводились работы по запуску синхрофазотрона и ускорителя многозарядных ионов, его работы этого периода посвящены структуре элементарных частиц (нуклонов), вопросам связи слабых и электромагнитных взаимодействий, квантовой теории поля и изучению нелокальных теорий, научный руководитель работ по проектированию и созданию импульсного быстрого реактора ИБР-1 (1960) и ИБР-2 (1979) (идея ИБР предложена им в 1955 г. в Лаборатории «В»). С 1961 г. — вице-директор международной организации IUPAP (Союз чистой и прикладной физики при ЮНЕСКО).

Герой Социалистического труда (1956). Ордена: Ленина (1945, 1952, 1954, 1956), Октябрьской Революции (1975), Трудового Красного Знамени (1954). Сталинская премия (1952). Ленинская премия. (1957). Государственная премия СССР (1971).

Соч.: Д.И. Блохинцев. Рождение мирного атома. — М.: Атомиздат, 1977.

<sup>1)</sup> В.И. Ленин. ПСС. Т. 42, стр. 159. (Здесь и далее в подстрочнике даны примечания автора — *Сост.*)

которая первой в мире вступила на путь мирного применения атомной энергии.

Если известие о взрыве в Хиросиме американской ядерной бомбы заставило в свое время содрогнуться от ужаса все человечество, то сообщение Советского правительства о пуске 27 июня 1954 г. атомной электростанции (АЭС) в г. Обнинске вселило в сердца миллионов людей надежду на то, что новое великое открытие — открытие деления урана — может и должно быть использовано на благо человечества.

Возникновению идеи о сооружении атомной электростанции способствовали гуманистические традиции передовой русской интеллигенции. Так, К.Э. Циолковский, всю свою жизнь посвятивший развитию учения о ракетных полетах для освоения космического пространства и увлеченно писавший фантастические повести о будущей жизни человека в космосе, никогда ни единым словом не обмолвился о возможности использования космических кораблей в военных целях. И не потому, что он не понимал этого. Для него подобная мысль была аморальной. Поиск путей мирного применения атомной энергии для советских ученых не был случайным — в

его основе лежали, в частности, еще и добрые исторические традиции.

Создание атомной электростанции не преследовало никаких «агитационных» целей, а все участвовавшие в ее проектировании и строительстве рассматривали свою работу как решение чисто научно-технических задач. Сама же идея использования атомной энергии в мирных целях, безусловно, соответствовала мировоззрению советских людей.

Политический эффект, вызванный пуском первой атомной электростанции, пришел позднее, и для многих, имевших к ней непосредственное отношение, — несколько неожиданно. В 1955 г. в Женеве, на первой конференции по мирному использованию атомной энергии, тысячная аудитория Дворца Наций, нарушая правила процедуры, восторженной овацией встретила сообщение советской делегации о пуске атомной станции, ее конструкции и данных по эксплуатации. Ученые, слушавшие доклад об итогах коллективного труда советских исследователей и инженеров, поняли, что доказана не только техническая осуществимость атомной электростанции, но также и нечто большее: атомная энергия может служить на пользу человечеству.

### Предыстория

В 1939 г. были опубликованы первые известия об открытии деления урана под действием нейтронов. Облучая уран нейтронами, И. Кюри (Франция) и П. Савич (Югославия) получили урановый осколок (лантан).

Вскоре немецкие физики О. Ган и Ф. Штрассман установили, что в результате облучения урана медленными нейтронами возникают элементы лантан и барий. Оба они находятся в середине Периодической системы элементов Менделеева.

Немецкой ученой Лизе Мейтнер удалось в феврале 1939 г. дать правильную интерпретацию этих опытов: она объясняла появление лантана и бария как результат распада ядра урана на два крупных осколка.

Еще несколько ранее Фредерик и Ирен Жолио-Кюри сообщили Академии наук в Париже о своих опытах, также указывавших на деление урана. Французские ученые подчеркнули, что это деление сопровождается огромным выделением энергии.

В том же году на совещании физиков в Московском доме ученых<sup>3)</sup> обсуждалась воз-

можность возникновения цепной реакции деления урана, однако экспериментальные данные не были еще настолько достаточны и точны, чтобы можно было судить определенно о ее возможности или, напротив, доказать затухание такой реакции.

Дело осложнялось тем, что, как теперь известно, под действием медленных, тепловых нейтронов делится лишь изотоп урана-235, который присутствует в натуральном уране в количестве 0,7%. Поэтому для получения точных сведений об этом изотопе необходимо было отделить его от основной массы урана (от изотопа 238), что представлялось по тем временам задачей, казавшейся почти нереальной. Тем не менее условия, необходимые для осуществления цепной реакции, были сформулированы.

В то же время ленинградский теоретик Я.И. Френкель предложил теорию деления ядра урана, по которой ядро рассматривалось как капелька ядерной жидкости, заряженная электрически.<sup>4)</sup> Под действием нейтрона капля приходила в возбужденное состояние, при

котором отталкивательные электрические силы уже превышали силы поверхностного натяжения, обусловленные внутриядерным взаимодействием. В результате капля разрывалась на две меньшие: так интерпретировалось в этой теории деление ядра урана на части. Эти капли-осколки, отталкиваясь друг от друга электрическими силами, приобретают огромную кинетическую энергию, которая и называется энергией деления урана.

Сейчас широко распространенным стал термин «атомная энергия». На самом деле точнее было бы говорить «ядерная энергия». Действительно, из приведенного выше пояснения следует, что энергия деления урана — это в сущности электрическая энергия атомного ядра. Именно электрические силы отталкивания делают неустойчивыми тяжелые, сильно заряженные ядра. Как было показано К.А. Петражом и Г.Н. Флёрковым (1940 г.), ядро урана может делиться и самопроизвольно, без участия нейтронов, однако такое деление происходит очень редко.

Большая кинетическая энергия осколков деления урана, таких, как упомянутые лантан, барий и многие другие, распыляется ими при соударениях с другими атомами среды, в которой происходит реакция. Таким образом, окончательно энергия деления проявляется в виде тепловой энергии<sup>\*)</sup>. Нельзя сказать, чтобы это было удачно, так как тепловая энергия с термодинамической точки зрения является второсортной. Но и до сих пор не найдено более «рентабельного» метода использования первоначальной электрической энергии ядра.

Предстояло пройти еще очень большой путь поисков методов управления цепной реакцией, чтобы оказалось возможным осуществить как мощнейшие взрывы, развивающиеся в течение миллионных долей секунды, так и «мирные» цепные реакции в атомных электростанциях, где загрузка атомного топлива рассчитана на многие месяцы или даже годы.

Какова должна была быть при этом необходимая точность научной информации, видно из следующего примера. В результате реакции деления ядра урана возникают не только два осколка (два новых ядра), но и несколько нейтронов. Эти нейтроны первого поколения и служат для продолжения ре-

акции, в результате которой возникают нейтроны второго поколения, и т. д. Оказывается, в среднем на каждую тысячу возникших нейтронов несколько нейтронов рождается не мгновенно в момент деления, а вылетает из осколков несколько позднее. В уране таких нейтронов — около шести; в плутонии — около двух.

Существование этих немногих, так называемых запаздывающих нейтронов, являющихся, в сущности, мелкой подробностью в процессе деления урана, оказывается решающим для возможности осуществления управляемой цепной реакции. Часть из них запаздывает на доли секунды, другая часть — на секунды и более. Именно за это время, манипулируя поглощающими нейтроны стержнями, можно вмешаться в ход реакции, замедлить или ускорить ее.

Большинство же нейтронов рождается одновременно с делением, и за короткое время их жизни (примерно стомиллионные доли секунды) невозможно как-либо повлиять на ход реакции, как и невозможно остановить уже начавшийся атомный взрыв.

Вскоре после сенсационных открытий в ядерной физике, давших надежду на возможность технического использования ядерной энергии, Западная Европа подверглась нападению гитлеровской Германии. Двумя годами позже фашисты напали и на нашу страну. В этот период всякая информация из Европы о ходе работ по изучению урана прекратилась.

Теперь мы знаем, что в то время ядерная физика продолжала усиленно развиваться в США, куда еще задолго до войны переехало из Европы немало преследовавшихся нацистами ученых. После того как более определенно выяснилась возможность осуществления цепной реакции в больших масштабах, открытая информация о ходе работ в области ядерной физики прекратилась.

И все же в условиях военного времени, когда наша страна вела ожесточенную борьбу с врагом и когда злободневные оборонные задачи довели над любыми теоретическими проектами, сколь бы обещающими они ни казались, Коммунистическая партия и Советское правительство продолжали заботиться о развитии атомной науки. Советским ученым

<sup>\*)</sup> Часть энергии уходит в виде нейтронов; другая, принадлежащая нейтронам деления и гамма-лучам, также превращается в тепло в самом реакторе или в его бетонной защите.

в те годы было поручено решение задачи овладения ядерной энергией.<sup>5)</sup> Все работы в этой области в начальный период опирались на вновь созданный институт, ныне Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова.<sup>6)</sup> Общее научное руководство проблемой возлагалось на И.В. Курчатова, в то время сотрудника Физико-технического института в Ленинграде.<sup>7)</sup>

Следует отметить, что до открытия деления урана перспектива практического применения энергии атомного ядра многим весьма компетентным зарубежным и советским ученым казалась более чем сомнительной. Это объяснялось тем, что во всех ранее исследованных случаях исходные энергетические затраты на освобождение ядерной энергии превышали количество получаемой энергии.

Для нашей науки было величайшей удачей то обстоятельство, что, несмотря на множество других чрезвычайно важных задач, в Ленинграде и в Харькове параллельно работали группы ученых — энтузиастов ядерной физики.<sup>8)</sup> Среди них был и И.В. Курчатов, в 40-х годах сначала объединивший небольшой коллектив ученых для работы над проблемой овладения атомной энергией, а затем возглавивший институт. В 1946 г. в институте, которым он руководил, была осуществлена первая в нашей стране цепная реакция на опытном реакторе.<sup>9)</sup> Там использовались натуральный (необогащенный) уран и графит (чистый углерод) в качестве замедлителя.

Первую в мире цепную реакцию в атомном котле подобного типа осуществил Э. Ферми в Чикаго в декабре 1942 г. Тем самым была доказана возможность управляемой цепной реакции на естественном уране, а пущенные опытные реакторы послужили основой для дальнейшего изучения и применения атомной энергии. Теперь уже появилась не только уверенность при проектировании и сооружении промышленных реакторов, производящих «начинку» атомного оружия — плутоний, но и возникли предпосылки выдвижения и обсуждения проектов создания энергетических реакторов для атомных электростанций.

Главная проблема будущих АЭС состояла в изыскании путей съема тепла с атомно-

го реактора. В принципе это не было загадкой, и можно было предложить немало способов использования тепла для получения пара, который затем стал бы приводить в движение турбины и спаренные с ними динамомашинны — генераторы электрического тока. Это была бы электростанция классического типа, в которой топка заменялась атомным реактором.

После Второй мировой войны, в середине 40-х годов, в США вышли в свет первые открытые публикации по ядерной энергетике. Среди них следует назвать книгу «Научные и технические основы ядерной энергетике», написанную крупнейшими учеными (русский перевод — М., 1947). В ней приводились многие ядерные константы и описывались методы расчетов реакторов, у нас уже известных благодаря экспериментальным и теоретическим работам, проводившимся в институте Курчатова. Были также приведены более или менее разумные схемы съема тепла с атомных реакторов.

Однако на пути создания реального энергетического атомного реактора стояли многочисленные трудности — нерешенные проблемы конструкции, технологии и теории реакторов. Поскольку взвесить степень одолжимости этих препятствий, усилия и сроки, которые потребуются при решении тех или иных частных проблем, в то время было невозможно, — многие варианты энергетических реакторов выглядели равноправными, а иные манили своими особенно высокими коэффициентами полезного действия всей установки в целом.

Что касается реально накопленного опыта, то в 40-е годы и в самом начале 50-х годов такой опыт имелся только в институте, возглавлявшемся И.В. Курчатовым, и в некоторых его филиалах. Этот опыт относился к реакторам на тепловых нейтронах, с графитом в качестве замедлителя и натуральной водой, с помощью которой снималось тепло. Однако температура, развиваемая в этих реакторах, и соответственно температура теплоносителя — воды была слишком низкой, чтобы их можно было эффективно использовать для получения пара, вращающего лопасти паровой турбины.

## ОБНИНСК

В середине 40-х годов в СССР было организовано несколько новых научно-исследовательских лабораторий с целью расширить круг работ, направленных на изучение физики атомного ядра, на разработку методов разделения изотопов, на создание измерительной и контрольной аппаратуры.<sup>10)</sup> Во многих случаях работы были запараллелены, чтобы повысить надежность их результатов.

В числе этих лабораторий была и лаборатория в Обнинске (1946 г.), ставшая затем Физико-энергетическим институтом. Курировалась она А.И. Лейпунским, который привлек к работе в ней и автора этих строк. Возможности лаборатории сначала были невелики. Ее научная тематика также представлялась не столь актуальной в сравнении с задачами, поставленными перед другими аналогичными лабораториями.<sup>11)</sup>

Обнинская лаборатория в первые годы своего существования еще не располагала ни достаточными научными силами, ни необходимым оборудованием и поэтому оказалась в стороне от основной научно-исследовательской деятельности в области освоения атомной физики и атомной энергетики. Направление работ лаборатории на первых порах не было очень четким и колебалось между развитием чисто физических исследований в области ядерной физики (одно время даже обсуждался вопрос о строительстве ускорителя для изучения элементарных частиц) и исследований прикладных, относящихся к атомной энергетике.

Последний круг проблем казался особенно привлекательным как по своему научно-техническому характеру, так и в связи с тем, что другие лаборатории и институты им почти не занимались.<sup>12)</sup>

Первые годы Обнинска кажутся сейчас принадлежащими другой эпохе. С того времени наша страна достигла огромных успехов в развитии науки, техники, экономики и культуры. Атомный взрыв, атомная станция, атомные корабли, прорыв в космос — все это было осуществлено в стране, которая пережила тяжелейшую войну. Сейчас Обнинск — это город с многотысячным населением, с первоклассными научными и учебными институтами. Начинаясь же он так, как и многие атомные стройки в то время, — в труднейших

условиях нехватки людей, материалов и энергии. Бараки рабочих, «финские» домики «итээровцев» и «научников», случайные здания, приспособленные для лабораторий и управления; под ногами — жидкая глина, в которой оставались резиновые сапоги и безнадежно вязли машины.

Основное здание лаборатории, ныне реконструированное, было построено для детей, прибывших из Испании в 1936 г.; другое здание — особняк, который принадлежал до революции текстильным фабрикантам Морозовым и находился в состоянии запустения. Позднее он стал гостиницей. Небольшая, очень древняя паровая турбина, спаренная с динамо, давала всего 500 киловатт... Когда она останавливалась, весь поселок и стройка погружались в темноту.

Но главная трудность заключалась в нехватке квалифицированных специалистов: война нанесла тяжелый урон, который нельзя было восполнить немедленно. Однако люди все же возвращались с фронта войны на фронт науки: А.К. Красин (впоследствии стал заместителем директора института по науке), П.Э. Немировский, О.Д. Казачковский (ныне директор ФЭИ<sup>13)</sup>) и другие. С вузовской скамьи пришли талантливые теоретики Л.Н. Усачев, Д.Ф. Зарецкий, А.С. Романович (позднее трагически погиб в горах Памира). Первое расчетное бюро, заменявшее нам современную электронную машину, представлялось В.С. Гудковой, не имевшей тогда высшего образования. Так создавался научный коллектив Обнинска.

Мирное применение атомной энергии (термин, который в то время еще не стал популярным), точнее, атомная энергетика, — вот что занимало умы небольшой группы советских ученых, начинавших работать в Обнинске. Проблема была настолько увлекательной, что неурядица тогдашней жизни казались сущим пустяком и не принимались во внимание.

Надо было решить, какой путь избрать, какая из дорог была наикратчайшей и наиболее надежной. Китайская пословица гласит: «Ребенок не боится тигра». Так и нам на первых этапах работы наиболее смелые проекты казались и самыми привлекательными. На самом же деле предстоял трудный путь.

## ПОИСКИ

В начальный период развития атомной энергетики научно-технические проблемы, конечно, превалировали над проблемами экономики. Тем не менее существовала тенденция создавать энергетические установки с высокими параметрами пара, с высоким КПД использования тепловой энергии, выделяемой в реакторе, применять современные паровые турбины с паром высокого давления и соответственно высокой температуры. С другой стороны, нельзя было игнорировать обстоятельства, которые диктовались реальной обстановкой. Стоимость проектируемого реактора, возможности получения необходимого ядерного горючего, реальные сроки сооружения реактора — все это не могло оставаться без внимания при выборе варианта и, конечно, ограничивало фантазию.

В Обнинске первоначально разрабатывался проект высокотемпературного реактора на тепловых нейтронах с замедлителем из окиси бериллия и с гелиевым охлаждением. В лаборатории изучались ядерно-физические свойства окиси бериллия как замедлителя нейтронов (А.К. Красин, И.Г. Морозов, 1947-1950 гг.) и были достигнуты существенные успехи в технологии изготовления деталей из спеченной чистой окиси бериллия (В.А. Малых, 1947-1949 гг.).

Примерно в это же время началось изучение возможности применения жидкометаллического охлаждения реактора АЭС. Оно представлялось очень перспективным ввиду возможности с помощью жидкого металла снять большое количество тепла с единицы объема реактора. В качестве металла могли бы быть выбраны натрий, калий или их сплавы. Однако из-за сильного поглощения нейтронов этот вариант не получил развития.

Позднее выяснилось, что жидкометаллическое охлаждение весьма перспективно в реакторах, работающих на быстрых нейтронах, рождающихся при делении урана. В обычных же реакторах нейтроны искусственно замедляют, и ядерная реакция идет на этих замедленных нейтронах. Было выяснено, что в реакторах на быстрых нейтронах требуется значительно большая первоначальная загрузка ядерным горючим, чем в реакторах на тепловых нейтронах, но зато в этих реакторах возможно образование нового делящегося вещества — плутония, причем в

больших количествах, нежели количество сгоревшего урана-235. Возникла идея воспроизводства атомного горючего — идея реакторов как «размножителей» атомного топлива (А.И. Лейпунский). Теперь их часто называют «бридерами». Никакой информации по расчету реакторов такого типа в то время мы не имели. Необходимые экспериментальные данные были очень скудны и приводили к двусмысленным результатам.

К этому времени в институте И.В. Курчатова уже был накоплен значительный опыт по проектированию и сооружению реакторов на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем и охлаждением натуральной водой.<sup>14)</sup> Однако температура воды в этих реакторах была далеко не достаточна для того, чтобы они могли служить в качестве основы атомной электростанции. Предстояло сделать значительный скачок, повысив существенно температуру теплоносителя (воды), а следовательно, и ее давление.

На основе имеющегося опыта И.В. Курчатова и Н.А. Доллежал разработали проект реактора для атомной электростанции со следующими параметрами: тепловая мощность — 30 тыс. кВт, электрическая мощность — 5 тыс. кВт, давление пара — 12 атм. Предварительные расчеты были выполнены в институте И.В. Курчатова П.Э. Немировским и С.М. Фейнбергом.<sup>15)</sup> И.В. Курчатова предложил передать дальнейшую разработку этого реактора и сооружение на его основе атомной электростанции институту в Обнинске (1951 г.).

Это вызвало серьезные дискуссии относительно выбора пути дальнейшего развития в Обнинске энергетических реакторов. Что развивать: высокотемпературные реакторы на тепловых нейтронах с замедлителем из окиси бериллия? Реакторы с металлическим охлаждением? Или последовать предложению И.В. Курчатова, которое было весьма умеренным?

Пар с давлением 12 атм. в обычной теплоэнергетике был уже пройденным этапом. Следует отметить, что давление пара могло бы быть взято и большим, но это потребовало бы разработки специальной турбины (срок около 5 лет). Поэтому была использована уже готовая турбина невысокого давления.<sup>16)</sup> Однако это не имело существенного значения: вся суть и новизна заключались,

конечно, не в турбине, а в принципиально новом реакторе.

В период, несколько предшествовавший этим дискуссиям, автор данного очерка был назначен директором института в Обнинске (1950 г.). Естественно, что перед ним стояла большая задача — выбрать путь дальнейшего развития института. Я и мой заместитель по науке А.К. Красин поддерживали предложение И.В. Курчатова. А.И. Лейпунский же считал такое решение неправильным. Мои соображения основывались на следующем: производство окиси бериллия в необходимом количестве слишком дорого, поэтому малореально. Создание надежного корпуса реактора, содержащего газ под большим давлением, который мог бы быть загрязнен радиоактивными примесями и аэрозолями, представлялось еще не решенной проблемой. Мы не имели данных, позволявших рассчитывать на безопасность такого реактора для окружающей территории.

Что касается реакторов на быстрых нейтронах с металлическим охлаждением, то изучение их необходимо, но оно потребует многих и многих лет, прежде чем мы убедимся в возможности и целесообразности их осуществления. Предложение И.В. Курчатова также содержало много неизвестного, однако основывалось все же на явлениях, уже изученных экспериментально и теоретически. Поэтому молодому коллективу Обнинского института представлялась вполне реальной возможность в сравнительно короткий срок сделать первый шаг на пути применения атомной энергии в мирных целях.

О поводах, которые побудили И.В. Курчатова сделать именно нам такое важное предложение, я могу лишь догадываться. Повидимому, Игорь Васильевич считал, что его институт имел более ответственные (по тому времени) задачи и не мог заниматься еще одной проблемой. Он знал также, что коллектив ученых в Обнинске в то время был уже достаточно компетентен в вопросах реакторной техники и ядерной физики, так что можно было рассчитывать на успех.<sup>17)</sup>

Далее дело обстояло так: решением руководящих органов (март 1951 г.) разработка проекта атомной электростанции, проведение необходимых теоретических и экспериментальных исследований были сосредоточены в Обнинске и в конструкторском коллективе, руководимом Н.А. Доллежалем. Местом сооружения станции был также указан Обнинск

(по соседству с институтом).<sup>18)</sup> Научным руководителем проблемы был назначен директор института, главным конструктором — Н.А. Доллежал, заместителем научного руководителя — А.К. Красин.

В институте были организованы два отдела, занявшиеся реакторами на тепловых нейтронах с водяным охлаждением (руководитель А.К. Красин) и реакторами на быстрых нейтронах с металлическим охлаждением (руководители А.И. Лейпунский и О.Д. Казачковский).

В теоретическом отделе, которым в то время руководил я, были развернуты работы в трех группах: теория реакторов на быстрых нейтронах (Л.Н. Усачев), теория реакторов на тепловых нейтронах (Д.Ф. Зарецкий) и теория реакторов на промежуточных нейтронах (А.С. Романович).

Технологические работы сосредоточились в отделе В.А. Малых. В экспериментальных отделах велись также исследования по теплопередаче. Впоследствии на их основе под руководством В.И. Субботина возникла крупнейшая теплотехническая лаборатория.

Таким образом, работы по атомной энергетике в Обнинске были развернуты широким фронтом, охватившим все возможные по тому времени виды реакторов. Не занимались только высокотемпературным реактором на окиси бериллия.

Первоочередной задачей было создание атомной электростанции мощностью в 5 тыс. кВт на основе реактора на тепловых нейтронах с водяным охлаждением и графитовым замедлителем нейтронов.

Велись работы и по реакторам на быстрых нейтронах с металлическим охлаждением, включая теоретические, ядерно-физические исследования, теплотехнику и технологию. Как и предполагалось, они заняли много лет. Первые опыты с натрием начались в 1951 г. (П.Л. Кириллов и др.), а важнейшее для всей этой проблемы число, коэффициент воспроизводства ядерного горючего, было уточнено только в 1969 г. измерениями в Дубне. В 1955 г. был запущен первый реактор на быстрых нейтронах с охлаждением ртутью, а в 1959 г. — опытный реактор с натриевым охлаждением.

На основе этих опытных установок в г. Шевченко была создана в 1973 г. крупнейшая в мире атомная установка тепловой мощностью в 1 млн кВт на быстрых нейтронах с охлаждением жидким натрием, предназна-

ченная как для получения энергии, так и для опреснения воды. Сооружение этой станции явилось одним из крупнейших достижений Физико-энергетического института в Обнин-

ске. Мощная энергетическая установка на быстрых нейтронах с металлическим охлаждением сооружается в Белоярске (600 тыс. электрических кВт).

### Основные проблемы сооружения АЭС

В начале 1951 г. проект АЭС определился только в самых общих чертах. Оставалось много серьезных физических, технических и технологических проблем, которые надо было решить. Многие из них возникали на более поздних стадиях разработки проекта и заявляли о себе с большой остротой, ставя порой под сомнения важнейшие, уже принятые решения. Если бы сооружение первой атомной электростанции происходило по всем традиционным канонам, то она ни в коем случае не смогла бы начать работу через три года.

Так, возведение корпуса АЭС началось сразу же, в 1951 году. Начальником строительства был назначен Д.С. Захаров, главным инженером объекта — Д.М. Овечкин, общими вопросами ведал И.Т. Табулевич. Здание АЭС в важнейших своих частях имело толстые стены из железобетонного монолита, чтобы обеспечить биологическую защиту от ядерного излучения. В стены закладывались трубопроводы, каналы для кабеля, для вентиляции и т. п. Ясно, что переделки были невозможны, и поэтому при проектировании здания по возможности предусматривались запасы с расчетом на предполагаемые изменения.

На разработку новых видов оборудования и на выполнение научно-исследовательских работ давались научно-технические задания для «сторонних» организаций — институтов, конструкторских бюро и предприятий. Часто сами эти задания не могли быть полными и уточнялись и дополнялись по мере проектирования. Основные инженерно-конструкторские решения по-прежнему разрабатывались конструкторским коллективом во главе с Н.А. Доллежалем и его ближайшим помощником П.И. Алещенковым.

Связь с институтом И.В. Курчатова также не прерывалась. Сотрудник этого института П.Э. Немировский участвовал в работе нашего теоретического отдела; важнейшие испытания тепловыделяющих элементов в нейтронном поле производились на реакто-

ре, предназначенном специально для материаловедческих испытаний (руководитель В.В. Гончаров). И.В. Курчатов также не утратил интереса к созданию АЭС, и я часто рассказывал ему о ходе работ, обращаясь к нему за советами и помощью при решении технических и организационных вопросов.

По-видимому, в каждом новом деле бывают по крайней мере две неясности и две ясности: первая неясность, когда люди совсем еще ничего не знают о предмете; затем наступает первая ясность, когда все кажется изумительно очевидным; далее — вторая неясность, когда отчетливо понимаешь, что, в сущности, ничего не знаешь, а только думаешь, что знаешь; и наконец появляется зрелое знание и полное владение делом.

В описываемый период мы, участники создания АЭС, находились скорее в состоянии первой ясности. На самом же деле количество проблем, которые предстояло решить, возрастало по мере работы над реактором. И не раз у нас пробегал холодок по спине от ощущения возможной несовместимости уже готовых конструкторских решений с новыми обстоятельствами, ранее не принятыми во внимание.

В ходе дальнейшей разработки проекта, продолжавшейся параллельно с сооружением здания, возникло множество проблем. Так, в теоретическом отделе изучались отдельные, наиболее тонкие вопросы теории реакторов на тепловых нейтронах. Основные теоретические расчеты реактора для АЭС были сосредоточены в отделе А.К. Красина и выполнялись М.Е. Минашиным с сотрудниками. Экспериментальные данные о ядерных реакциях все время уточнялись. Усовершенствовалась и методика расчета реактора, имевшего весьма сложную структуру ячейки, внутри которой размещалось делящееся вещество — обогащенный уран. Поэтому вплоть до запуска реактора не прекращались изучение величины загрузки реактора топливом, длительности его кампании<sup>1)</sup> и бычисление парамет-

<sup>1)</sup> Под загрузкой реактора имеется в виду количество ядерного горючего, единовременно закладываемого в реактор. Кампания — это продолжительность, в течение которой реактор будет работать на полной мощности без дополнительной загрузки.

ров поглощающих стержней, с помощью которых управляют ядерной реакцией. Это приводило к изменениям в физических данных реактора по сравнению с первоначальным эскизом.

Особо следует отметить расчеты глубокого выгорания ядерного горючего и усовершенствованную теорию регулирующих стержней. Наиболее интересные теоретические проблемы относились к расчету поведения реактора в нестационарных режимах, при разогреве и при расхолаживании, при возможных авариях в его активной зоне (например, при попадании воды в графитовую кладку и т. п.). Тем самым были заложены основы динамики реакторов.

Большое значение имела проверка различных предварительных данных на экспериментальном стенде — сборка активной зоны реактора АЭС из графита, урана и воды, произведенная А.К. Красиным и Б.Г. Дубовским.<sup>19)</sup> Хотя по ряду обстоятельств нельзя было собрать стенд, в точности воспроизводящий зону реального реактора, все же полученные на нем данные вселили в нас уверенность в точности теоретических расчетов. На этом стенде впервые в Обнинске была осуществлена цепная реакция деления урана (3 марта 1954 г.).

Другой важнейшей проблемой была разработка твэла<sup>20)</sup>. Необходимо было снять тепло с активной зоны реактора при высоком, невиданном ранее тепловом потоке от урана к воде, в условиях мощного потока нейтронов. Преждевременное разрушение твэлов в результате коррозии или перегрева и возможного плавления их означало бы распространение активности на первый контур охлаждающей воды или в графитовую кладку. То и другое было бы серьезной аварией. Поэтому надежная и длительная эксплуатация твэлов в течение всей кампании является основой успешной работы всего энергетического реактора. В решении этой труднейшей задачи

участвовали многие научно-исследовательские учреждения.

Решающий успех выпал на долю технологического отдела в Обнинске, руководимого В.А. Малых. В.А. Малых предложил элементы, заполненные порошком из сплава урана с молибденом, дисперсированным в магниевой матрице. Магний обеспечивал хороший тепловой контакт между основным сплавом (уран — молибден) и стальной оболочкой твэла, которая охлаждалась водой. Этот тип элементов успешно прошел испытания.

В институте И.В. Курчатова была создана маленькая модель реактора АЭС — «петля»<sup>21)</sup>, в которой и изучалась работа нового твэла в нейтронном потоке, имитировавшем условия будущего реактора АЭС. Испытания твэлов в этой «петле», а также на тепловых стендах показали, что изделие В.А. Малых выдерживает без разрушения нужные тепловые нагрузки.

Другой стенд был создан в Обнинске для изучения поведения твэлов в условиях воображаемой аварии. Мы наблюдали в лаборатории Б.А. Зенкевича, как с грохотом, с искрящимся фейерверком и клубами пара рвались твэлы, искусственно перегруженные тепловой нагрузкой<sup>22)</sup>. Позднее В.А. Малых наладил производство этих твэлов на заводе, создав в короткий срок совершенно новое производство, требовавшее высокой точности, чистоты и надежности.

Под руководством Н.А. Доллежалы были разработаны «рабочие каналы» реактора — длинные графитовые цилиндры. Внутри них проходили тонкостенные стальные трубки, по которым под высоким давлением протекала вода. Эти трубки были окружены слоем урано-молибденового сплава. Это и были твэлы — тепловыделяющие элементы. Вода нагревалась до температуры 270°, имела давление 100 атм. и поступала в теплообменник («первый контур»), в котором она отдавала свое тепло другой воде («второй контур»). Эта

<sup>19)</sup> ТВЭЛ — сокращение названия «тепловыделяющий элемент». Это слово родилось в Обнинске. Речь идет о конструкции элемента, содержащего ядерное горючее, делящееся под действием нейтронов. С этого элемента необходимо снять выделяющееся тепло. В нашем случае оно снималось водой, имевшей температуру 270° и давление 100 атмосфер. (Сокращение «твэл» к настоящему времени стало нарицательным и его принято писать строчными буквами. В авторском варианте это сокращение дается прописными, как и в подстрочном примечании. — *Сост.*)

<sup>20)</sup> Под «петлей» обычно понимают специальное устройство в реакторе, в котором изучаются опытные ТВЭЛы и каналы, имеющие отдельный от всего реактора теплосъем.

<sup>21)</sup> В течение всей эксплуатации АЭС такой аварии не наблюдалось.

«вторая» вода и превращалась в пар с давлением 12 атм., поступающий в турбину»<sup>1)</sup>.

Большую проблему представляла сварка, особенно тонкостенных стальных трубок. Реактор был буквально набит ими, и число сварных швов было огромно. Вместе с тем протекание воды в графитовую кладку было недопустимо. Поэтому требовались совершенно надежные методы сварки. Они были разработаны в конструкторском коллективе Н.А. Доллежала и в лаборатории В.А. Малых в Обнинске.

Так постепенно, шаг за шагом, решались проблемы, одна за другой, и оставались позади трудности и тревоги. В то же время то тут, то там обнаруживались дефекты, упущения.

Однажды до глубокой ночи продолжалась дискуссия с участием Н. А. Доллежала о выборе зазора между каналом и графитовой кладкой реактора: под действием нейтронов графит распухает; чтобы вынуть отработавшие каналы с «выгоревшим» ураном, надо обеспечить хороший зазор; но тогда ухудшится теплосъем с графитовой кладки реактора, и она может перегреться. Экспериментальные данные о разбухании графита были весьма скудны, и мы крайне опасались, что спроектировали атомную станцию, на которой нельзя удалять отработавшие

тепловыделяющие элементы и загружать свежее атомное топливо. Пришлось немало поломать голову, чтобы разумно решить эту «маленькую» проблему.

Другой пример: в первое время каналы при постановке в графитовую кладку плохо уплотнялись; в конструкции, видимо, был какой-то дефект, и гелиевые течеискатели свидетельствовали об отсутствии вакуумно-прочного уплотнения. Один выдающийся инженер и организатор, принимавший участие в монтаже станции, решил применить свою немалую физическую силу. Но, увы, результат оказался совсем печальным: края уплотняющих стаканов помялись, несколько сложных и ценных узлов вышли из строя. Попытки исправить дело «домашними средствами» ни к чему не привели. Выход нашли монтажники во главе с В.Ф. Гусевым. Они предложили совсем срезать острые края стаканов. Решение оказалось на редкость удачным, и в дальнейшем это изменение было внесено во все каналы. Течи исчезли.

Успех монтажных работ и работ по освоению АЭС на всех этапах существенно определялся квалифицированными рабочими, мастерами своего дела. Среди них мне особенно запомнились Л.Н. Сутугин и И.Е. Семенов.

## ПУСК

Трудности закаляли энтузиастов и порождали скептиков. Впрочем, кажется, нет ни одного нового дела, которому скептики не предсказывали бы неудачу или не высказывали сомнений в его целесообразности.

Одно время, когда АЭС уже строилась, весь смысл проекта был поставлен под вопрос. Весьма авторитетная и хорошо знакомая с проектом группа ученых высказала мнение о прекращении работ на том основании, что станция будет неэкономичной (как будто тогда дело было в экономичности), и прочее, и прочее... К счастью для этого большого дела, И.В. Курчатов, который в то время руководил всей атомной наукой нашей страны, не согласился с этим мнением и вторично поддержал проект. «Колебаться не следует, продолжайте работу», — сказал тогда Игорь Васильевич. С его мнением согласился ответ-

ственный руководитель атомного комитета, присутствовавший на этом совещании.<sup>20)</sup>

Позднее И.В. Курчатов приехал в Обнинск, чтобы лично принять участие в пусковых работах. Он торопил нас с загрузкой ураном реактора, чтобы поскорее убедиться в том, что мы, обнинцы, не ошиблись в расчетах критической массы реактора (у меня было подозрение, что И.В. Курчатов не был уверен в наших расчетах). К нашей великой радости, реактор ожил, причем именно при той критической массе, которую ему предписали наши теоретические расчеты. В нем началась цепная реакция деления урана.

Случилось это к вечеру 9 мая 1954 г. в присутствии И.В. Курчатова и других членов пусковой комиссии. Это был так называемый «физический пуск». Мощности реактора еще мизерна, но уже было можно изучать и сопо-

<sup>1)</sup> Выбор такой двухконтурной системы, впоследствии принятой и на других АЭС, определялся требованием, чтобы радиоактивность ни в коем случае не поступала в турбинный зал.

ставлять с расчетами распределение плотности нейтронов в активной зоне реактора и работу регулирующих органов, ручных и автоматических.

Однако, как бы ни была мала мощность, на которой работает новорожденный реактор, надо помнить, что небольшая ошибка в регулировании, и он выйдет из-под контроля. Паровой взрыв и разрушение реактора будут следствием этой ошибки. Поэтому с новым реактором, пока он еще мало изучен, ученому так же интересно работать, как дрессировщику с тигром, только что прибывшим из тайги: его надо укротить. Этот труд выпал на долю сотрудников отдела А.К. Красина и уже образовавшегося к тому времени эксплуатационного персонала атомной электростанции — начальника станции Н.А. Николаева, ее главного инженера А.Н. Григорьянца и др.

Постепенно мощность реактора увеличивалась, и наконец где-то около здания ТЭЦ, куда подавался пар от реактора, мы увидели струю, с звонким шипением вырывающуюся из клапана. Белое облачко обыкновенного пара, и к тому же еще недостаточно горячего, чтобы вращать турбину, показалось нам чудом: ведь это первый пар, полученный на атомной энергии. Его появление послужило поводом для объятий, поздравлений «с легким паром» и даже для слез радости.

Наше ликование разделял и И.В. Курчатов, принимавший участие в работе в те дни.

После получения пара с давлением 12 атм. и при температуре 260° стало возможным изучение всех узлов АЭС в условиях, близких к проектным, а 26 июня 1954 г., в вечернюю смену, в 17 час 45 мин, была открыта задвижка подачи пара на турбогенератор, и он начал вырабатывать электроэнергию от атомного котла. Первая в мире атомная электростанция встала под промышленную нагрузку. Мощность электрогенератора достигала 1500 кВт.

27 июня промышленные и сельскохозяйственные потребители окружающих районов уже получали электроэнергию от турбины, впервые работавшей за счет сжигания ядерного топлива.

А к вечеру того дня приехали академик А.П. Александров и ответственные руководители атомного комитета, чтобы познакомиться с ходом дел. В напряженной, предпуско-

вой обстановке нам не удалось подумать ни о торжественном «разрезании ленточки», ни о праздничном банкете... Все происходило импровизированно. Сохранилась магнитофонная пленка записи, сделанной в тот вечер: слышны голоса И.В. Курчатова, А.П. Александрова, М.Е. Минашина и других, собравшихся у меня на квартире.

Однако наши заботы о первенце атомной энергетики еще не кончились. Естественно, было немало незначительных дефектов, которые устранялись.

Но только один из них доставил нам серьезное беспокойство: в реакторе станции потекли регулирующие каналы, выполненные из труб «нержавейки» с очень тонкими стенками (сталь сильно поглощает нейтроны, поэтому стараются иметь ее поменьше). Вода проникла в кладку графита, меняя реактивность аппарата способом, который трудно было оценить<sup>\*)</sup>; разлагаясь под высокой температурой в реакторе, она превращалась в обычную гремучую смесь, способную взорваться.

Аппарат на наших глазах приобрел весьма сомнительные свойства и, может быть, стал небезопасен. Злополучные каналы были вынуты, их поставили под давление, и мы быстро пробежали мимо них, чтобы посмотреть, что же случилось. Ведь каналы были радиоактивны, долго рассматривать их было невозможно из-за радиоактивного излучения. Струйки воды били через паукообразные трещины: так выглядела какая-то неведомая коррозия, возникшая скорее всего под действием излучения. Смена каналов не привела к цели: результат, следовательно, не был случайным, он повторился.

Мы понимали, что стенки каналов надо упрочить, а их изготовление заняло бы много месяцев. Нам не разрешали подыматься до проектной мощности, и полной проверки всего сооружения еще не получалось. Один из руководителей атомного комитета на мой вопрос о его впечатлении о нашей АЭС ответил, что она никуда не годится.

В реактор был поставлен последний запас неудачных каналов. Время шло, а результат уже можно было предвидеть. Надо было что-то предпринимать, чтобы миновать длительный период простоя и не подорвать веру в окончательный успех у людей, которые

<sup>\*)</sup> Реактивность атомного реактора — его способность к развитию цепной реакции.

были уже и без того утомлены напряжением пускового периода.

В кабинете Н.А. Николаева, начальника АЭС, собралось совещание, и я поднял вопрос о необходимости выходить на полную мощность. Было принято решение поставить под строжайший контроль возможное накопление «гремучки» и выходить на полную мощность, чтобы проверить реактор, теплообменники и турбину.

Через несколько часов на запрос из Управления я ответил: «Мощность реактора 100 %, турбина дает 5 тыс. кВт; все по проекту». Это было в октябре 1954 года.

Позднее мы уже не встречались с такими сложными ситуациями. Тонкостенные трубки неудачных каналов были заменены на более прочные, а затем вообще было отмене-

но охлаждение регулирующих стержней благодаря замене их на жароустойчивые.

В один из дней случилось так, что все источники энергии в городе, кроме АЭС, были отключены (по техническим причинам), и Обнинск стал первым городом в истории человечества, жители которого приготовили свой утренний завтрак на энергии расщепленного урана.

Вскоре последовали многие визиты на нашу АЭС ученых и инженеров, а также правительственных деятелей, желавших ознакомиться с атомной электростанцией. Среди этих делегаций была и делегация английских инженеров-энергетиков. Один из них, известный английский энергетик Б.Л. Гудлет, сказал своим коллегам: «Они сделали историческое дело».

## Опыт 20 лет АЭС

Атомная электростанция в Обнинске действует вот уже 20 лет. Самый факт безаварийной работы АЭС в течение столь длительного периода, без всякого вреда для окружающей природы и населения, имеет огромное значение.

Теперь, когда во всем мире строятся мощнейшие атомные электростанции, пример первой АЭС, построенной в нашей стране, является не только обнадеживающим, но также интересным и поучительным с чисто технической стороны.

В самом деле, отдельные важнейшие узлы этой станции подвергались за 20 лет длительному воздействию излучения, переменной температуры, коррозии и накипи, однако остались работоспособными. Станция доказала также ядерную безопасность энергетического атомного реактора канального типа с водяным охлаждением.

Эта сторона дела при настоящем уровне развития атомной энергетики, когда многие мощные реакторы устанавливаются в населенной местности и даже вблизи крупных городов, является наиважнейшей. За этот же период была доказана возможность глубокого выжигания урана-235 в ядерном горючем, что имеет большое значение для экономики атомных электростанций. На реакторе Обнинской АЭС были устроены специальные «петли», где изучались опытные каналы для более крупных и совершенных энергетических установок.

Как уже отмечалось, параметры пара на первой АЭС были ниже средних, принятых в современных турбинах. Впоследствии были осуществлены и изучены режимы кипения воды непосредственно в трубчатых твэлах реактора. Была создана «петля» для изучения теплоотдачи при кипении теплоносителя (воды), а в 1957 г. осуществлен перегрев пара в самом реакторе и параметры пара повышены до температуры 370 °С и давления 85 атм. (вместо прежних 270 °С и 12 атм.).

Обстоятельный анализ режимов работы с кипением и перегревом пара дал основу для проектирования крупных графито-водных энергетических реакторов канального типа для Белоярской АЭС имени И.В. Курчатова (реакторы мощностью 100 тыс. и 200 тыс. кВт), Билибинской АЭС (реактор мощностью 120 тыс. кВт) и Ленинградской АЭС (реактор мощностью 1 млн кВт). В этих работах активное участие принимали А.Н. Григорьянц, М.Е. Минашин, Г.Н. Ушаков, Л.А. Кочетков и др. Важнейшее значение имел тот факт, что трубчатые твэлы за весь период эксплуатации АЭС показали полную стойкость и не было ни одного случая их выхода из строя в нормальных режимах эксплуатации.

Вместе с тем была доказана возможность глубокого выгорания атомного топлива: с одной тонны слабообогащенного урана оказалось возможным снять 30 тыс. МВт тепловой энергии за сутки. Для проектирования мощных станций, сооружаемых вблизи крупных

городов, был крайне важен вывод, следовавший из длительной эксплуатации первой в мире АЭС, о ее полной радиационной безопасности, как для обслуживающего персонала, так и для соседних с ней жилых поселков. Не было также случаев радиоактивного заражения ни реки, ни воздуха.

Непрерывная работа атомной электростанции в Обнинске, помимо технического и экономического значения, имела еще большее значение в подготовке кадров для атомной энергетики. Уже в самом начале эксплуатации АЭС на ней обучались и стажировались инженеры, готовящиеся к работе на будущих ядерно-энергетических установках и к разработке новых проектов. Многие из них стали потом руководителями и организаторами в новой области техники — атомной энергетике, среди них Н.А. Николаев, А.Н. Григорьянц и др.

Первая атомная электростанция в Обнинске опровергла все скептические суждения и прогнозы относительно значимости ее влияния на все будущее атомной энергетики в мире. Ведь даже после пуска АЭС вносились предложения о ее закрытии. Такие предложения свидетельствовали о непонимании того, что для уверенного проектирования будущих крупных АЭС важно накопить возможно более длительный опыт эксплуатации небольшой экспериментальной станции, какой и явилась первая АЭС. При проектировании крупных ТЭЦ обычно закладывается срок амортизации не менее чем 25 лет. В отношении атомных ТЭЦ пока только практика первой АЭС дает основания для оценки возможного срока жизни энергетического атомного реактора.

Таков в самых кратких чертах смысл двадцатилетней работы первой АЭС и основные ее итоги. Быть может, многим покажется удивительным, что проект, осуществленный в период, когда сведения о константах

ядерных реакций, о поведении материалов при облучении их нейтронами и гамма-лучами были крайне скудны, когда отсутствовали данные о коррозии и образовании накипи, теплопередача при высоких тепловых потоках только начала изучаться и методы расчета реакторов не были доведены до такой степени совершенства, какую обеспечивают теперь ЭВМ с их огромными возможностями, что этот проект оказался столь удачным. Я думаю, было бы неверно приписывать эту удачу просто счастливому стечению обстоятельств.

В основе успеха, безусловно, лежал общий высокий уровень нашей советской промышленности и инженерно-технических кадров. Именно на этой основе стало возможным получение чистейшего графита, высококачественных тонкостенных стальных трубок, чистейших материалов, необходимых для изготовления твэлов и многих других элементов оборудования станции, включая электронику.

В основе успеха лежал также немалый опыт, уже накопленный в институте И.В. Курчатова и в коллективе Н.А. Доллежаля.

Я как физик давно знал, что любые научные достижения опираются не только на точные знания, но и в значительной мере на научную интуицию, то есть на работу мысли, основанной на знании явлений и понятий. В течение своей совместной работы с такими выдающимися конструкторами и инженерами, как Н.А. Доллежаля, П.И. Алещенков, В.Ф. Гусев, я мог убедиться, что их успех покоится на тех же двух основах, что и у ученого физика: на точном знании, дополненном работой интуиции. Не прибегая к ней, мы во многих случаях должны были бы оказаться перед неспособностью принять решение, без которого, однако, было бы невозможно двигаться вперед. Вот эти-то факторы и обусловили удачу первой АЭС.

### Первая Женевская конференция по мирному использованию атомной энергии

Летом 1955 г. в Женеве собралась первая Международная научно-техническая конференция по мирному использованию атомной энергии, созванная для осуществления программы «Атом для мира». Предшествовавшие ей работы по изучению атомного ядра и особенно реакций деления урана до того времени велись во всех странах скрыто, поскольку вся проблема имела военное значение. Ред-

кие статьи и монографии содержали обычно информацию, относительно которой предполагалось, что она уже является для других ученых пройденным этапом.

Для советских физиков репетицией к Международной конференции стала сессия в АН СССР, на которой впервые «атомщики» выступили с докладами, в частности о запуске первого в нашей стране атомного реакто-

ра. И.В. Курчатов слушал отчеты о подготовке докладов, ставил вопросы, советовал, шутил — словом, был в наилучшем расположении духа. Выступал и один из наших выдающихся физиков.

Его доклад показался нам отличным, однако И.В. Курчатов заметил: «Вот Вы употребляете термин «сечение»<sup>\*)</sup>. На общем собрании Академии немало биологов, медиков, они поймут, что вы кого-то режете. Надо говорить так, чтобы всем было ясно. Но немного можно оставить и непонятного, чтобы не подумали, что в нашем деле никакой премудрости нет».

Доклад о сооружении, пуске и эксплуатации первой АЭС готовил автор этого очерка совместно с начальником станции инженером Н.А. Николаевым. И.В. Курчатов и Б.С. Поздняков принимали самое активное участие в подготовке этого важного документа. А выступить с докладом было поручено мне.

О Женевской конференции немало написано.<sup>\*\*)</sup> Поэтому я остановлюсь лишь на некоторых деталях. Благоприятное отношение к нашему докладу со стороны оргкомитета конференции выразилось в том, что он был поставлен в повестке дня первым из научно-технических докладов и на него было дано дополнительное время.

Среди участников конференции распустились слухи, что доклад о советской АЭС чисто пропагандистский и ничего по существу дела советские ученые не сообщат. На самом же деле он был строго научно-техническим, основанным на точных фактах и очень осторожным в смысле прогнозов и обещаний на будущее. Тем не менее доклад произвел огромное впечатление на тысячную аудиторию. Его восприняли как свидетельство возможности полного поворота в использовании атомной энергии от войны к миру, как рассказ о возможности радикального решения энергетических проблем на всей Земле.

Несмотря на запрещение правилами конференции аплодисментов, окончание доклада об АЭС было встречено бурной овацией. Поднимавшийся на трибуну навстречу мне американский физик-реакторщик Зинн поздравил меня с успехом и тем самым вызвал в аудитории новый взрыв аплодисментов.

Мы тогда еще недостаточно сознавали, что все это были первые шаги к тому мирному сотрудничеству ученых, которое теперь кажется все более и более обнадеживающим.

Имелись, однако, и другие тенденции. Так, жена выдающегося физика нашего времени Э. Ферми Лаура, будучи как бы летописцем конференции от США, крайне тенденциозно и неверно описала нас, советских ученых. В частности, из ее книги следует, что главным докладом был именно доклад Зинна. На самом деле американский физик говорил об опытах с экспериментальным кипящим реактором, что было весьма интересно для специалистов, в том числе и для нас.

Но он не мог конкурировать с нашим докладом о первой АЭС, который показывал возможность и целесообразность повернуть всю деятельность по изучению атомной энергии в сторону ее мирного использования и в точности соответствовал духу и смыслу Женевской конференции, настроению большинства ее участников. Из нашего доклада следовало, что, кроме античеловеческого и самоубийственного применения ядерной энергии, возможна и совсем другая деятельность, направленная на благо людей.

США в то время не имели атомной станции, сосредоточив свои усилия исключительно на военных аспектах. Поэтому они не могли представить на конференцию ничего такого, что могло бы быть соизмеримо с докладом о первой в мире АЭС. То был наш политический выигрыш, ранее не планировавшийся, однако вытекавший из самой природы нашего социалистического общества.

Конференции в Женеве по мирному использованию атомной энергии следовали одна за другой, с интервалом в несколько лет. В частности, на 2-й конференции (1958 г.) А.К. Красин сообщил об опыте глубокого выжигания атомного топлива на первой в мире АЭС. Таких опытов в то время ни у кого не было.

Последняя из этих конференций, 4-я, состоялась в 1971 году. Существенно, что обсуждение на этих конференциях вопросов планирования атомной энергетики привело к более глубокому изучению проблемы энергетических ресурсов на Земле в целом. В резуль-

<sup>\*)</sup> Сечение — мера вероятности ядерных реакций, выраженная в размерах мишени, в которую нужно попасть, чтобы произошла реакция.

<sup>\*\*)</sup> См., в частности, В.С. Емельянов. Атом и мир. М., 1964; В.И. Орлов. Атом богатырский. М., 1968.

тате этого изучения была установлена нетривиальность всей проблемы.

Сейчас на планете работает уже более сотни крупных атомных электростанций, и количество их интенсивно растет. Пока это в основном станции на тепловых нейтронах, выжигающие редкий изотоп урана-235.

Следующее поколение атомных станций на быстрых нейтронах, можно надеяться, позволит использовать и основной изотоп урана-238, которого в природе в 140 раз больше, нежели изотопа изотопа-235. Это значительно увеличит мировые запасы ядерной энергии.

### Визиты в Обнинск

Вскоре после пуска атомной электростанции она стала настоящей Меккой для всех интересующихся этим новым делом. Среди них — высокие правительственные делегации, возглавлявшиеся видными политическими деятелями, желавшими лично ознакомиться с тем, что представляет собою АЭС и каковы ее возможности и перспективы; научно-технические делегации, заинтересованные в знакомстве со всеми деталями этого сооружения, а также делегации от различных организаций, преследовавших общеобразовательные цели. Невозможно сколько-нибудь полно осветить все эти визиты. Я остановлюсь лишь на немногих.

Выше уже упоминалась делегация английских энергетиков, возглавлявшаяся Б.Ф.Дж. Шоуландом, руководящим сотрудником Британского управления по атомной энергии. Они интересовались всеми деталями атомной установки и методами ее эксплуатации. Этот опыт был им особенно интересен в связи со строительством атомной станции в Англии. В книге почетных посетителей станции английские гости записали: «Делегация Британского управления по атомной энергии выражает профессору Блохинцеву и его коллегам свое восхищение работой, которую они выполнили, а также благодарность за гостеприимство. Члены делегации выражают пожелание укрепить в будущем дружеское сотрудничество в деле мирного использования атомной энергии (18 ноября 1955 г.)».

В том же году атомную станцию посетила делегация ученых из ГДР во главе с Р. Ромпе. Они оставили запись: «Делегация Германской Демократической Республики считает большой честью, что она осмотрела первую

Не исключено, что в результате изучения термоядерных процессов удастся еще более расширить доступные человечеству источники энергии на Земле.

Все это тем более интересно, что многие прогнозы, базирующиеся на установившихся темпах роста потребления энергии и темпах роста населения, приводят к весьма тревожным выводам о возможности катастрофической ситуации как с источниками энергии, так и с отходами ее производства (в виде тепла и радиоактивных шлаков) в не очень далеком будущем (100 — 200 лет).

атомную электростанцию в мире. Самые сердечные поздравления советским ученым, техникам и рабочим за это великое дело мира».

На станции побывала также группа ученых из ГДР во главе со знаменитым немецким физиком Г. Герцем. С Г. Герцем уже многие годы нас связывали добрые отношения. Но я никогда не мог освободиться от впечатления, что предметом его юмора и сарказма часто служили методы организации научной работы в нашей стране (да и в других странах), которые, по его представлениям, нуждались в усовершенствовании. Поэтому мне было особенно приятно показать ему и его коллегам атомную электростанцию, вся работа которой основывалась на наших идейных традициях и на наших установившихся порядках. Г. Герц записал в гостевой книге: «Я уже многое слышал об атомных электростанциях, много читал, но то, что увидел здесь, превзошло мои ожидания...». Позднее при содействии советских ученых и предприятий нашей страны в ГДР был построен опытный реактор для физических исследований.

В июне 1955 г. атомную электростанцию посетил Джавахарлал Неру со своей дочерью Индирой Ганди. Их сопровождал посол Индии в СССР К. Менон, а с нашей стороны А.И. Микоян и другие ответственные лица. Для меня это был первый опыт дипломатического приема. Дж. Неру показался мне утомленным. Однако поражала его способность внезапно как бы освещаться изнутри, так что его собеседник мог почувствовать всю глубину души и разума этого человека. И. Ганди запомнилась своей чарующей скромностью и простотой. Дж. Неру интересовался, почему мы в нашем реакторе приме-

няем простую, а не крайне дорогую тяжелую воду, как это намеревается делать в Индии Х. Баба\*). И мне пришлось подробно разъяснить ему эту техническую сторону дела.

Дж. Неру посетил тогда и наш институт. Навстречу ему высыпали из лабораторий и кабинетов все сотрудники; он заметил, что они молоды, и спросил: «Это разве учебный институт?». И когда ему ответили, что исследовательский, он был поражен молодостью коллектива. В беседе с Дж. Неру я рассказал о том, что мы хорошо знаем индийских физиков, внесших свой вклад в современную науку, знаем индийских писателей и более всего Р. Тагора. Я высказал мысль, что сочетание высокой древней духовной культуры Индии с современной наукой и техникой приведет Индию к настоящему расцвету. На это Дж. Неру заметил: «Мы к этому стремимся, но сейчас наша главная задача победить нищету, безграмотность и болезни». Покидая Обнинск, Дж. Неру оставил запись: «Я рад, что мне представился случай познакомиться с Вашей станцией, и очарован ею. Это дало мне возможность увидеть будущее, которое уже раскрывается».

Другим человеком, произведшим на меня неизгладимое впечатление, был Хо Ши Мин (визит в июле 1955 г.). И больше всего поражала в нем не просто доброжелательность к людям, а величайшая доброта. Как-то странно было представить себе, что перед нами партизан джунглей, гроза захватчиков, вождь своего славного народа... Осматривая станцию, он оказал: «Для моего народа это еще будущее, а сейчас надо победить!». Тогда я напомнил ему, что В.И. Ленин в труднейшие для нашей страны годы интересовался электрификацией, хотя многим это казалось фантазией.

Как известно, ныне славный народ ДРВ наконец может приступить к мирному строительству. Рабочие атомной электростанции рассказывали мне, что они были обрадованы приветливостью Хо Ши Мина, которую заметил и я. Действительно, он здоровался со всеми и приговаривал: «Будь готов!»... Хо Ши Мин записал в книге посетителей АЭС: «Империализм использует силу атома, чтобы уничтожить людей. Советское правительство использует силу ато-

ма на счастье людей всего мира. Мир во всем мире наверняка победит».

Закончу эти краткие заметки о визитах на АЭС рассказом о приезде Генерального секретаря Итальянской коммунистической партии П. Тольятти. Он очень много и подробно расспрашивал о станции. Его интересовали вопросы экономики и безопасности. П. Тольятти много рассказывал о политической жизни, социальных и экономических проблемах в Италии. У нас, его собеседников, осталось впечатление о нем как о глубоко образованном человеке, которому совершенно чужд трафаретный образ мышления...

Когда идея овладевает массами, она сама становится материальной силой. Ранее того она была достоянием немногих людей. Еще ранее она не родилась.

Многие люди задолго до плавания Колумба и Магеллана были убеждены, что Земля — шар. Еще в древности Эратосфен довольно точно измерил его радиус. Много позднее эту идею преследовала инквизиция. Но именно великие плавания XV-XVI столетий сделали идею о шарообразности Земли достоянием всего мало-мальски образованного человечества и привели к глубочайшим изменениям в миропонимании людей.

В наше время космические полеты, начиная с исторического полета Ю. А. Гагарина вокруг Земли и Ф. Бормана с товарищами к Луне, сделали для всех ясным малость земного шара и тем самым показали полную абсурдность войн как метода решения споров между народами. Они показали остроту демографических и экологических проблем, общих для всех людей — обитателей небольшой голубой планеты. Эти важные понятия и идеи далеко не новы, но именно благодаря космическим полетам они стали достоянием всех людей и поэтому становятся огромной силой.

Все это можно применить и к атомной энергии. С тех пор, как была открыта цепная реакция деления урана, стало ясно, что в принципе возможно получать электроэнергию за счет тепла, выделяемого в ядерном реакторе. Были довольно ясны и возможные технологические схемы АЭС. Неясно было лишь, как создать практически работающую станцию, радиационно-безопасную, надеж-

\*) В то время в Бомбее начиналось строительство экспериментального реактора, в котором применялась тяжелая вода. Мы применяли простую воду, но обогащенный, а не натуральный уран.

ную и экономичную. Возможность атомных взрывов, возможность использования атомной энергии были уже доказаны американской военщиной, трагедией Хиросимы и Нагасаки.

Пуск первой атомной станции в СССР создал перелом в сознании людей и сделал идею о возможности мирного использования атомной энергии достоянием всего человечества. Он сделал ее социальной силой!

*Опубликовано: «Вопросы истории». 1974, № 6. С. 106-121.*

### Комментарии составителей

<sup>1)</sup> Статья подготовлена Д.И. Блохинцевым в связи с 20-летием АЭС для читателей гуманитарного журнала АН СССР, поэтому он описывает принципы работы станции и возникавшие при её создании научно-технические проблемы в предельно популярном виде. Статья относится к периоду, когда значительная часть истории советского атомного проекта оставалась секретной и не могла быть использована в открытой публикации. Некоторые места статьи несколько идеологизированы в соответствии с принятой в советское время традицией и особенностями публикации материалов в гуманитарных журналах. Но все это несколько не уменьшает значение статьи как исторического источника. Далее даны некоторые, связанные с этими и другими обстоятельствами уточнения и дополнения авторского текста.

<sup>2)</sup> Выделено автором.

<sup>3)</sup> Вероятно, ошибка. Впервые широкое обсуждение этих проблем в СССР состоялось в ноябре 1939 г. в Харькове на 4-м Всесоюзном совещании по атомному ядру. Совещание в Москве проходило в ноябре 1940 г.

<sup>4)</sup> Речь идет о статье Я.И. Френкеля «Электрокапиллярная теория расщепления тяжелых ядер медленными нейтронами» (ЖЭТФ. 1939. Т. 9, № 6. С. 641-653).

<sup>5)</sup> После начала войны в СССР были прекращены все работы по атомному ядру. Их возобновление состоялось по Распоряжению Госкомитета обороны от 28 сентября 1942 г. № 2352сс в связи с полученной разведорганами СССР обширной информацией о работах в Англии и США над созданием атомной бомбы.

<sup>6)</sup> Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова в начальный период, о котором идет речь, имел название «Лаборатория № 2 АН СССР».

<sup>7)</sup> В период, о котором идет речь (1942-1943 гг.), Ленинградский физико-технический институт находился в эвакуации в г. Казани.

<sup>8)</sup> До войны важные для изучения ядра исследования проводились главным образом в Украинском физико-техническом институте (УФТИ), где была создана первая в СССР лаборатория атомного ядра, в Радиевом институте, Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ), Физическом институте АН СССР. Автор имеет в виду молодых физиков УФТИ и ЛФТИ, работавших над этой проблемой.

<sup>9)</sup> Речь идет о пуске 25 декабря 1946 г. в Лаборатории № 2 первого в СССР ядерного реактора Ф-1.

<sup>10)</sup> Речь идет о научных организациях, созданных Управлением специальных институтов (9-е Управление) НКВД СССР в 1945-1946 гг. (Институт «А», Институт «Г», Лаборатория «Б», Лаборатория «В») для организации работы немецких специалистов в СССР по атомному проекту.

<sup>11)</sup> Речь идет о Лаборатории «В», в которой с 1946 г. работала группа немецких специалистов под руководством первого научного руководителя Лаборатории известного немецкого физика Г. Позе. А.И. Лейпунский курировал ее работу как заместитель руководителя 9-го Управления НКВД СССР по науке. В составе этого Управления работал и Д.И. Блохинцев. Говоря о неактуальности работ Лаборатории «В», автор имеет в виду, что они не были непосредственно связаны с главной задачей того времени — созданием атомной бомбы. Лаборатория «В», созданная в рамках советского атомного проекта, непосредственно не участвовала в создании ядерного оружия, но по заданиям ПГУ выполняла отдельные работы (радиохимические исследования, изготовление источников излучения и препаратов).

<sup>12)</sup> В 1945-1946 гг. в Лейпциге по просьбе сотрудников 9-го Управления НКВД, проводивших переговоры с Г. Позе, он подготовил свои предложения по научной тематике создаваемой Лаборатории «В», где одной из основных задач было создание «самодвижущейся урановой машины», т.е. созда-

ние энергетического реактора для транспортной установки. Поэтому уже в 1946-начале 1947 гг. в Лаборатории «В» проводилось изучение возможности создания «урановой машины с обогащенным ураном и легкой водой», «дающей энергию в технически применимом количестве». Таким образом, с самого начала в Обнинске создавался первый в стране институт по разработке энергетических реакторов, и споры о научной тематике были связаны не с выбором направления, а с выбором типа опытного реактора.

<sup>13)</sup> О.Д. Казачковский был директором ФЭИ в 1973–1987 гг.

<sup>14)</sup> Речь идет о так называемых промышленных реакторах, т. е. реакторах – наработчиках бомбового материала, опыта создания энергетических реакторов в тот период в стране не было.

<sup>15)</sup> Речь идет о нейтронно-физических расчетах реактора АМ, выполненных под руководством И.В. Курчатова и С.М. Фейнберга П.Э. Немировским и Ю.Н. Занковым в 1950 г.

<sup>16)</sup> Для Первой АЭС требовалась турбина с низкими параметрами пара, которые уже не выпускались. Такую турбину, изготовленную в 1913 г. немецкой фирмой MAN, нашли на одной из электростанций Москвы (ГЭС № 1). Рабочие параметры пара турбины соответствовали параметрам реактора АМ. После восстановительного ремонта на заводе в Харькове турбина в 1953 г. была смонтирована на ТЭЦ Лаборатории «В» и эксплуатировалась до 1972 г.

<sup>17)</sup> Тем не менее, проблема научных кадров в этот период стояла достаточно остро, что хорошо отражено в письме Д.И. Блохинцева в ПГУ в декабре 1951 г.: «...сообщаю, что в Лаборатории «В» имеются только три лица, способных осуществлять научное руководство: Лейпунский А.И., Красин А.К. и Блохинцев Д.И. В остальном Лаборатория состоит из малоопытной молодежи. Между тем, если учесть обязанности, возложенные на названных лиц правительственным решением, относящиеся к строительству и проектированию различных агрегатов, и к расчетам по специальной проблеме, то объем уже полученной работы далеко выходит за пределы сколько-нибудь нормальной нагрузки, при которой может обеспечиваться надежное повседневное руководство».

<sup>18)</sup> Решение о строительстве в Лаборатории «В» трех опытных энергетических реакторов (уран-графитовой с водяным охлаждением, уран-графитовой с газовым охлаждением, уран-бериллиевой с газовым охлаждением или охлаждением расплавленным металлом) было принято Совмином СССР 16 мая 1950 г. 29 июля 1950 г. Н.А. Доллежал был утвержден «руководителем работ по разработке новых типов энергетических и силовых атомных установок», Д.И. Блохинцев – его заместителем по физическим вопросам, Б.М. Шолкович – по инженерным вопросам.

<sup>19)</sup> Речь идет о «физ. стенде АМФ» – критической сборка активной зоны реактора АМ, – который собирался прямо под кабинетом Д.И. Блохинцева. Кроме А.К. Красина и Б.Г. Дубовского в создании и пуске стенда АМФ принимали участие М.Е. Минашин, Ю.А. Сергеев, В.Я. Свириденко, Г.Я. Румянцев, Л.А. Маталин, Г.Н. Ушаков, М.Н. Ланцов, Е.И. Инютин, А.В. Камаев. В проведении расчетов участвовали также З.М. Курова, С.И. Шагалина, Л.Ю. Дольская, В.М. Стройкова.

<sup>20)</sup> Видимо, автор имеет в виду Л.П. Берия – председателя Спецкомитета, руководившего всеми работами по атомной проблеме, или Б.Л. Ванникова – начальника ПГУ.

## СОЗДАНИЕ ПЕРВОЙ АЭС И НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ЕЕ РАБОТЫ<sup>1)</sup>

А.К. КРАСИН

В разработке энергетических ядерных реакторов, начавшейся в Советском Союзе в 1948 г., ведущая роль принадлежала академику И.В. Курчатову. В этой работе активно участвовали институты, руководимые И.В. Курчатовым и Н.А. Доллежалем, Институт физических проблем АН СССР и вновь организованный институт в Обнинске, названный позже Физико-энергетическим.<sup>2)</sup>

Данный период описан в многочисленных монографиях и статьях. Автор настоящей статьи участвовал в работах с начала их проведения, являясь с 1946 г. заместителем директора на науке Обнинского института.

Решение сосредоточить силы на разработке одного проекта атомной электростанции было принято в 1951 г., научное руководство возлагалось на Обнинский институт. Было решено там же и построить АЭС. Руководителем института назначался Д.И. Блохинцев, он же руководил разработкой проекта и строительством АЭС. Я, кроме того, был назначен заместителем научного руководителя и координировал экспериментальные и расчетные исследования, а также руководил подготовкой персонала, методик и физичес-

кого оборудования к пуску реактора АЭС. За короткое время сложился работоспособный отдел, организованный из нескольких лабораторий. Научному коллективу в Обнинске надо было выполнить большой объем физических расчетных работ, провести теплофизические исследования и разработать основную деталь реактора – тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ).

В 1950–1951 гг. коллектив Обнинского института только начинал свою творческую жизнь. Для разработки проекта АЭС необходимо было значительно увеличить число физиков, технологов, теплофизиков. Коллектив института в основном пополнялся за счет выпускников МИФИ, МГУ и других вузов. Влились в коллектив и опытные инженеры. Большая роль в организации работ по проекту АЭС принадлежала И.Г. Морозову, А.Н. Григорьянцу, Г.Н. Ушакову, М.Е. Минашину, Б.Г. Дубовскому, Е.И. Стрельцову, Б.А. Зенкевичу, Д.Ф. Зарецкому и многим другим.

Первоначальные оценки физических характеристик реактора проектируемой АЭС были выполнены под руководством И.В. Курчатова сотрудниками его института

---

*Красин Андрей Капитонович* (1911–1981), физик, академик АН БССР (1960). Родился в Томске. Окончил Томский университет (1934).

В 1934–1940 гг. работал в Сибирском физико-техническом институте и одновременно преподавал в Томском университете и медицинском институте (1935–1937). В 1940–1945 гг. служил в штабе Дальней авиации ВВС РККА. С 05.01.1945 – старший научный сотрудник Лаборатории № 2. С 21.02.1946 – зам. начальника, с 1953 г. – зам. директора по научным вопросам, в 1956–1960 гг. – директор Лаборатории «В» МВД СССР (с 1960 г. – ФЭИ) в Обнинске. С 1961 г. возглавлял Отделение атомной энергетики Энергетического института АН БССР, с 1965 г. – директор ИЯЭ АН БССР, с 1962 г. также профессор Белорусского университета.

Работы в области ядерной энергетики и ядерной техники. Заместитель научного руководителя по созданию Первой в мире АЭС. Научный руководитель разработки передвижной АЭС ТЭС-3 и реакторов с ядерным перегревом пара для Белоярской АЭС. Руководил разработкой научно-технических основ использования новых теплоносителей в ядерной энергетике диссоциирующих газов.

Орден Ленина (1956). Ленинская премия (1957). Золотая медаль С.И. Вавилова (1974). Золотая медаль ВДНХ (1964). Бронзовая медаль ВДНХ (1968).

С.М. Фейнбергом и П.Э. Немировским. За основу был принят реактор на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем. В качестве теплоносителя выбрана обычная вода под давлением  $100 \text{ кгс/см}^2$ , конструкционного материала — нержавеющая сталь X18H9T. Выбор предопределил применение обогащенного урана. Была принята двухконтурная схема АЭС с реактором канального типа и турбиной, давление пара в которой  $12 \text{ кгс/см}^2$ , температура  $260^\circ\text{C}$ . Электрическая мощность АЭС должна была составлять 5 тыс. кВт, тепловая — 30 тыс. кВт. Эти характеристики и были реализованы в построенной АЭС. Однако первоначальные оценки физических характеристик проектируемой АЭС не могли сохраниться, так как не был определен тип и конструкция твэла, не были ясны требования к полной загрузке реактора на кампанию, система регулирования и многие другие технические детали требовали подробных расчетов.

Физические расчеты возглавил М.Е. Минашин, пришедший на работу в институт после окончания МИФИ. Он владел знаниями методов расчета реакторов и общего понимания вопросов физики. Теперь трудно поверить, какой огромный объем расчетных работ был выполнен при скромных технических средствах. Время электронно-счетных машин только начиналось. Методы расчетов освещены в некоторых статьях, я остановлюсь на серии экспериментов, сделанных в подтверждение правильности расчетов.

Обсуждая результаты расчетов, мы видели необходимость проверки их на критических сборках с составом материалов, близким к составу материалов проектируемой АЭС. В то время в лаборатории, руководимой мною, было около 25 т чистого графита в виде призматических блоков с продольными отверстиями. Используя этот графит, трубки из нержавеющей стали и порошок  $\text{U}_3\text{O}_8$  при обогащении урана 10 % по  $^{235}\text{U}$ , мы смогли подготовить элементы критической сборки. Была возможность внести в сборку некоторое количество воды в трубках для имитации теплоносителя.

По современным нормам технической культуры критическихборок эксперимент готовился в неблагоприятных условиях. По расположению сборки и условиям управления процессом наши средства напоминали условия эксперимента Ферми с первым реактором под трибунами Чикагского стадиона

(известна фотография реактора и группы экспериментаторов вблизи графитовой кладки). Несмотря на это, опыты прошли успешно. Непосредственное управление сборкой взял на себя Б.Г. Дубовский и Г.Н. Ушаков. Было сделано несколько конфигурацийборок. Главный результат опытов показал, что расчеты, выполненные М.Е. Минашиным и его коллегами, давали удовлетворительную сходимость по критической массе с данными эксперимента. Этот вывод обнадежил нас.

На сборках изучали также влияние слоя охлаждающей воды на компенсирующую способность борного стержня. Расчеты проводил Д.Ф. Зарецкий по разработанной им методике расчета. Опыты подтвердили приемлемость для проекта расчетных значений.

Под руководством В.А. Малых была проведена огромная работа по созданию твэлов. Творческую работу в Обнинске В.А. Малых начал с разработки технологии спекания оксида бериллия. Для этого он сконструировал высокотемпературную вакуумную печь и блестяще справился с производством деталей сложной формы из  $\text{BeO}$ . Для работ по созданию твэла В.А. Малых сконструировал установки, послужившие далее прообразом заводского оборудования. В короткий срок под его руководством сформировался коллектив физиков, технологов и конструкторов. Работы нового отдела приобрели большой размах.

Я с большим удовлетворением вспоминаю этот период работы и тесное сотрудничество, и постоянное общение с В.А. Малых. В 1951—1954 гг., когда разрабатывали и налаживали заводской выпуск твэлов, мне пришлось много встречаться и работать с ним. Много раз меня поражала его способность из множества вариантов технологических приемов быстро находить решающий. Приведу два примера.

В начале разработки был принят трубчатый тип твэла, в котором на несущую стальную трубку при тугой посадке нанизывались полые цилиндры с заливом магнием между урановым цилиндром и трубкой. Магний заливали в межтрубное пространство между несущей стальной трубкой и покрытием. Работоспособность твэла улучшилась, а стальные трубки — внутренняя и внешняя — служили противоосколочной оболочкой. Как оказалось, при тепловых испытаниях образцов твэлов неблагоприятно ведут себя вкрапления в урановые цилиндры.

В.А. Малых для избавления от вкрапленных предложил заранее раздроблять цилиндры. Так выработали отличный по теплофизическим показателям твэл из крупки сплава урана с 9 % молибдена (для уменьшения распухания урана) с заливом засыпки магнием.

Далее. Для деталей твэла необходим был неразрушающий контроль. Возникла, например, задача — как удостовериться в том, что разностенность несущей трубки длиной 2200 мм и внутренним диаметром 8,2 мм (трубка 9×0,4 мм) находится в технологических пределах. В.А. Малых придумал более десятка методов и остановился на механической проверке трубки на туго натянутой проволоке со штырьком. Контролируемая трубка проходила между штырьком и микрометром, описывая спиральное движение. Метод дал идеальный результат.

Выпуском первых заводских партий твэлов В.А. Малых руководил лично. Каждый готовый твэл испытывали на тепловом стенде. Обширный комплекс методов неразрушающего контроля, применявшийся в лаборатории, был перенесен в заводские условия. Строгое отношение к методам неразрушающего контроля себя оправдало. Оправдала себя и конструкция твэла, разработанная В.А. Малых и его сотрудниками.<sup>3)</sup>

Строительные работы на площадке и сооружение здания АЭС началось уже в 1951 г. Здание строили одновременно с созданием технического и рабочего проекта АЭС, что значительно сократило сроки выполнения работы в целом, но потребовало огромных усилий.

Конструкцию реактора и компоновку АЭС в здании разрабатывали в коллективе, руководимом Н.А. Доллежалем. Памятны многочисленные испытания отдельных конструктивных элементов реактора, тракта рабочих каналов и принципов работы некоторых систем АЭС.

Приведу пример. Каждый рабочий канал реактора индивидуально снабжался теплоносителем. В случае разрыва какой-либо его трубки (центральная и четыре твэла) необходимо было предотвратить свободный выход воды в кладку реактора. Для этого в тракте каждого канала имелся обратный клапан и отсекающее устройство. Однако при отсечке поврежденного канала нужно было продолжать съём тепла с твэлов канала. Устройство тракт канала многократно обсуждалось, так

как не было уверенности в надежной работе контрольных и защитных устройств. Надежность тракта канала была значительно повышена за счет предложенной А. Н. Григорьянцем конструкции отсекающего устройства. Образцы были разработаны и испытаны. В ходе эксплуатации АЭС отсекающее устройство себя оправдало.

Высокий творческий вклад в создание конструкции АЭС, помимо главного конструктора, внесли И.Я. Емельянов, П.И. Алешенков, А.Г. Филиппов, Г.Д. Князева, Л.И. Лунина, Б.В. Флоринский. АЭС была построена в сжатые сроки. Большая заслуга в этом принадлежала Д.М. Овечкину и И.Т. Табулевичу.

Подготовку к пуску АЭС начали в начале 1954 г. В работе пусковой комиссии активно участвовал И. В. Курчатov. Я и Б. Г. Дубовский были при пусковых работах главными дежурными физиками. К этой же работе готовился И.Г. Морозов, но он был избран руководителем партийной организации Обнинска и не смог работать в сменах.

Миссия главного дежурного физика при пуске АЭС ответственная — в пусковой период все работы в здании АЭС вели только с разрешения этого лица. Я с Б.Г. Дубовским делил круглосуточную смену, и эта работа длилась шесть месяцев, начавшись до пуска и окончившись после выхода АЭС на устойчивый режим эксплуатации. Каждое воскресенье кто-нибудь нас подменял (работы по пуску приостанавливались), и после сна мы менялись сменами.

И.В. Курчатov, участвуя в пусковых работах, дал много полезных рекомендаций и советов, которыми мы строго руководствовались. На АЭС к этому времени сформировался эксплуатационный коллектив. Начальником АЭС был Н.А. Николаев, главным инженером — А.Н. Григорьянц, начальниками смен — Г.Н. Ушаков, Н.В. Звонов, Б.Б. Батуров, Ю.В. Архангельский.

В сменах было много молодых инженеров, которые здесь же на станции проходили специальную подготовку на рабочих местах. Учились все, такой электростанции еще нигде не было и «стажировка» происходила у самих себя. Пуск прошел отлично! В сообщении ТАСС от 1 июля 1954 г. говорилось: «27 июня 1954 г. атомная электростанция была пущена в эксплуатацию и дала электрический ток для промышленности и сельского хозяй-

ства прилежащих районов». АЭС явилась первой в мире, она открыла новую эру в энергетике — эру ядерной энергетике.

Первая АЭС вступила в эксплуатацию. В начальные месяцы работы доводили отдельные агрегаты и системы, подробно изучали физические характеристики реактора, тепловой режим оборудования и всей станции, дорабатывали и исправляли устройства, в которых выявились недочеты. В октябре 1954 г. первая АЭС была выведена на полную проектную мощность.

От эскизного проекта до энергетического пуска АЭС прошло немногим более трех лет. Надо признать, что теперь, после многих лет жизни и работы, я сказал бы, что для такого объема работ требуется 6—7 лет.

Что же позволило участникам разработки и пуска первой АЭС выполнить эту работу за такой короткий срок? Думаю, такие благоприятные причины можно видеть в следующем:

— общий высокий уровень науки и техники, достигнутый в стране к началу 50-х годов;

— огромное внимание, которое уделялось этой работе со стороны партийных и государственных органов;

— личное внимание к этой работе выдающихся ученых и организаторов советской науки И.В. Курчатова, А.П. Завенягина, Е.П. Славского, В.А. Малышева, Б.С. Позднякова;

— высокий уровень патриотизма, ответственности и энтузиазма всех участников работы, их талант, вдумчивость и настойчивость в достижении цели.

Думаю, после 25 лет успешной работы первой АЭС мы, участники ее разработки и пуска, вправе сказать, что успешно выполнили каждый на своем месте свой долг и свои обязанности, работали дружно и до конца помогали друг другу, считая своей главной целью выполнить задачу. Успешный пуск первой АЭС, ее безаварийная работа прославили отечественную науку и технику. Пример первой АЭС показал реальность использования атомной энергии в мирных целях, доступность применения ядерных превращений для генерации энергии в технических масштабах.

С самого начала эксплуатации первой АЭС на ней широко развернулись экспери-

ментальные работы. Практическое значение для дальнейшего развития ядерной энергетики имели результаты экспериментальных работ по освоению кипения и перегрева пара в рабочих каналах реактора.

При параллельной работе большого числа рабочих каналов и кипении в них воды имеется вероятность получить опасные пульсации расхода теплоносителя, что может привести к пережогу канала. Исследования гидродинамики параллельно работающих обогреваемых электрическим током трубок с кипящей водой позволили найти приемлемое решение для перевода рабочих каналов в кипящий режим. Таким решением явилась установка дополнительных шайб на входном участке трубок с твэлами. Успешно был исследован перегрев пара, и на встроенной в реактор петле, содержащей испарительные и перегревательные каналы, были отработаны пусковые режимы.

В 1958 г. я докладывал об опыте эксплуатации первой АЭС и работе канального реактора в режиме кипения воды в каналах на второй Международной конференции ООН по мирному использованию атомной энергии в Женеве. Доклад и последующее обсуждение экспериментов по кипению вызвали большой интерес участников конференции. Практическое освоение режимов кипения и перегрева пара в каналах дало основание использовать этот прием для последующего развития канальных реакторов, построенных на Белоярской АЭС им. И.В. Курчатова, а также в реакторе Ленинградской АЭС им. В.И. Ленина.

Родина высоко оценила труд создателей первой АЭС. Большая группа участников этой работы была награждена орденами и медалями. Д.И. Блохинцев был удостоен звания Героя Социалистического Труда, я награжден орденом Ленина. В 1957 г. Д.И. Блохинцеву, Н.А. Доллежалю, мне и В.А. Малых была присуждена Ленинская премия.

Большой технический опыт, приобретенный на основе эксплуатации первой АЭС, и широкий экспериментальный материал, полученный в большом перечне работ, послужили фундаментом для дальнейшего развития ядерной энергетики. Первая АЭС навеки останется в истории науки как благородная веха в стремлении человечества к благополучию и процветанию.

## Комментарии составителей

<sup>1)</sup> Статья подготовлена А.К. Красиным к 25-летию АЭС.

<sup>2)</sup> Речь идет о работах, предусмотренных Постановлением Совмина СССР от 6 апреля 1948 г. № 1127-402сс «О плане специальных научно-исследовательских работ на 1948 г.» В план были включены предварительные проработки нескольких типов энергетических реакторов.

Здесь и далее автор, упоминая «*институт в Обнинске*», «*Обнинский институт*», имеет в виду Лабораторию «В» МВД СССР, с 1960 г. – Физико-энергетический институт.

<sup>3)</sup> Над конструкцией твэла для реактора АЭС работало несколько организаций, в том числе и ЛИ-ПАН. Уже на стендовых испытаниях была подтверждена непригодность созданных ими элементов. В.А. Малых практически по собственной инициативе взялся за решение этой проблемы и блестяще с ней справился. Это был уникальный по своим творческим способностям ученый.

## ИЗ ИСТОРИИ ПЕРВОЙ АЭС<sup>1)</sup>

М.Е. МИНАШИН

27 июня 1994 г. исполняется 40 лет со дня введения в строй действующих Первой атомной электростанции, построенной в Обнинске. Сам факт пуска привлек внимание и интерес людей разных профессий и специальностей во всем мире. В течение первых двух-трех лет эксплуатации ее посетило большое число ученых и инженеров, общественных и политических деятелей, членов правительств разных стран. Многие из них оставили автографы, благодарственные и восторженные отзывы в книге почетных посетителей. Это свидетельствует о том, что внимание людей привлекло событие, которое случается в истории только однажды и может иметь важное значение для ближайшего будущего экономики.

Создание первой АЭС явилось демонстрацией мирного использования открытого перед второй мировой войной в Германии нового источника энергии, способного обеспечить нужды человечества в энергии на ближайшие сотни лет.

Начало развертывания работ по освоению способов получения энергии за счет де-

ления ядер урана в СССР относится также к предвоенному времени — в 1940 году Я.Б. Зельдович и Ю.Б. Харитон теоретически показали возможность осуществления цепной реакции деления, а И.Я. Померанчук и И.И. Гуревич создали теорию диффузии и замедления нейтронов в графите.<sup>2)</sup> В связи с началом войны развитие этих исследовательских работ в СССР было почти прекращено, и они возобновились лишь в 1943 г. под руководством И.В. Курчатова [1, 2].

Атомная проблема в СССР стала считаться первоочередной задачей общегосударственного значения со второй половины сентября 1945 г., что, очевидно, было вызвано фактами взрыва атомных бомб над Хиросимой и Нагасаки в августе 1945 г. Тогда в стране был создан правительственный Специальный комитет и Технический совет.

Основная роль в широком развертывании всех работ по освоению атомной энергии, обучению и подготовке кадров для атомной промышленности принадлежит Техническому совету, возглавлявшемуся вначале

---

*Минашин Михаил Егорович* (1921–1995), инженер-физик и теплофизик, доктор тех. наук (1984), профессор (1988). Окончил МЭИ (1951).

В 1951–1995 гг. работал в ФЭИ в Обнинске (с 1955 г. — зав. лабораторией, в 1964–1989 гг. — начальник отдела).

Исследования в области физики и теплофизики реакторов на тепловых нейтронах. Участвовал в создании, пуске и освоении Первой в мире АЭС, проектировании энергетических установок Белоярской АЭС, разработке, пуске и освоении реакторных установок для Билибинской АТЭЦ, в разработке и совершенствовании методов нейтронно-физических, тепловых и прочностных расчетов реакторов и реакторного оборудования, в исследованиях нестационарных процессов. В Государственной комиссии по приемке в эксплуатацию каждого энергоблока Билибинской АТЭЦ представлял Госкомитет по использованию атомной энергии и осуществлял научное руководство (1972–1975). М.Е. Минашин одним из первых начал изучать историю Первой АЭС на уровне исследования архивных документов.

Ордена: Ленина (1984), Трудового Красного Знамени (1956), Октябрьской Революции (1976). Государственная премия СССР (1970). Премия Совета Министров СССР (1954). Золотые (1970, 1975) и Серебряная (1964) медали ВДНХ СССР. Заслуженный деятель науки и техники РФ (1994).

Б.Л. Ванниковым. В состав совета входили И.В. Курчатова, А.И. Алиханов, П.Л. Капица, М.Г. Первухин<sup>3)</sup> и др.

Нам представилось возможным ознакомиться с объемистыми записями Б.С. Позднякова, который работал в секретариате Технического совета.<sup>4)</sup> Из этих записей следует, что наряду с разработками конструкций реакторов для производства плутония с самого начала изучались также конструкции энергетических реакторов различного назначения, в том числе и фантастического. В этих поисковых разработках, относящихся к 1946-1948 гг., рассматривались различные варианты реакторов на тепловых нейтронах: графитовые с газовым (He, CO<sub>2</sub>) и водяным теплоносителями, с водой в качестве замедлителя и теплоносителя — варианты Института атомной энергии (ИАЭ), тяжеловодные — варианты Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ). На основе архивных материалов можно сделать заключение, что немного позже (1949 г.) появились варианты ФЭИ<sup>5)</sup> — проекты реакторов с жидкометаллическими теплоносителями (Na, K, Na-K и др.), а с 1949 г. — и быстрых с жидкометаллическим теплоносителем, обладающих свойством высокого воспроизводства делящихся изотопов плутония.

<sup>6)</sup>Основной заботой Технического совета в 1945 г. был поиск путей решения проблем создания атомного оружия. Но тогда возникает вопрос: почему на столь ранней стадии уже возникла проблема создания энергетических реакторов? Ответ на этот вопрос можно найти в тех же записях. В результате войны 1941-1945 гг. мощность всех действующих электростанций СССР была равна всего лишь 10,3·10<sup>6</sup> кВт. Угольная топливная база в европейской части СССР была или разрушена, или работала с перебоями из-за изношенности оборудования, нефтяные и газовые месторождения еще не были освоены или не определены. Без энергетики нельзя восстановить разрушенные войной ни промышленность, ни сельское хозяйство. Уголь частично завозился из Польши, но это не могло существенно решить топливную проблему. Надо отметить, что по состоянию на конец войны добыча угля во всем мире была небольшой — можно было насчитать всего лишь

10-15 стран, добыча угля в каждой из которых превышала 1 млн т. В СССР частичное решение проблемы нашли на пути дорогостоящего освоения гидроресурсов Днепра и Волги, что кроме дороговизны отрицательно сказалось на сельском хозяйстве и добыче рыбы.

Применение реакторов сулило уникальные технико-экономические преимущества: решение проблемы транспортировки топлива (что создавало независимость места расположения АЭС на территории страны), компактность оборудования, а отсюда возможность создания энергетических установок большой электрической единичной мощности (уже рассматривались блоки мощностью до 2 млн кВт), малое число обслуживающего персонала, отсутствие потребности в кислороде<sup>7)</sup>, возможность наработки вторичного топлива при регенерации, применения радиоактивных продуктов деления для различных народнохозяйственных целей.

В то время считалось, что стоимость установленного киловатта будет ниже, чем для угольных тепловых станций. Этот последний вывод был результатом недостаточного инженерно-конструкторского объема выполненных разработок, особенно в части оценок стоимости химической переработки отработавшего топлива, захоронения радиоактивных отходов, а также недостаточной проработки безопасной эксплуатации и предотвращения распространения радиоактивности. Эти проблемы считались легко разрешимыми, и поэтому в архивных материалах можно встретить такие предложения, как строительство только атомных электростанций.

Кроме того, из архивных записей можно сделать вывод, что по крайней мере до 1948 г. (да и позже до 1954 г.) уран, особенно обогащенный <sup>235</sup>U, был дефицитным продуктом. Вероятно, по этой причине применение водо-водяных реакторов (ВВЭР) откладывалось на будущее, только после пуска первой АЭС от И.В. Курчатова можно было услышать обсуждение различных практических проблем этих реакторов для АЭС. Вместе с этим надо отметить, что производство тяжелой воды в требуемых количествах для мощных реакторов в 1946-1948 гг. только развешивалось, но оно сулило осуществление энергетических реакторов на природном

<sup>3)</sup> Это явилось одной из главных предпосылок эффективного применения реакторов для подводных лодок. (Здесь и далее в подстрочнике примечания автора — *Сост.*)

(необогатенном) уране и вовлечение в топливный цикл тория для производства  $^{233}\text{U}$ . Развитие тяжеловодного направления возглавлялось А.И. Алихановым, графитового — И.В. Курчатовым. И.В. Курчатов считал тяжеловодные реакторы дорогостоящими, и на этой почве возникали горячие споры. Однако судя по тому, какими быстрыми темпами с вложением значительных для государства средств налаживалось производство  $\text{D}_2\text{O}$  и строились два первых тяжеловодных реактора, а также на основе высказывания И.В. Курчатова (примерно в 1955 г.) можно считать, что в то время была открыта широкая дорога для исследований всех направлений.

О темпах разработок многочисленных проблем, связанных с начальным освоением получения атомной энергии, можно судить по тому, что к январю 1946 г. было освоено получение металлического урана, к октябрю 1946 г. промышленностью были выданы первые партии реакторного (чистого) графита. Летом 1945 г. был сделан проект здания для сооружения первого реактора (Ф-1) в ИАЭ, а в июне 1946 г. оно было готово. К этому же времени было освоено производство блочков-твэлов. Этот реактор был построен и достиг критического состояния 25.12.1946.

Одним из результатов этой чрезвычайно активной деятельности было строительство и введение в 1948 г. в строй действующих первого промышленного (для производства плутония) уран-графитового реактора с использованием в качестве теплоносителя низкотемпературной воды. Этот момент истории можно считать завершением первого этапа реакторостроения. Первая отечественная атомная бомба была испытана 29.08.1949.

Из сохранившихся архивных документов можно сделать вывод, что параллельно с разработками плутониевых реакторов проводились многочисленные исследования и поисковые работы для создания энергетических реакторов. Так, в ИАЭ и НИИхиммаше усиленно развивались исследования по уран-водографитовым реакторам, в ИТЭФ (тогда ТТЛ) — тяжеловодным реакторам, Институте физических проблем — реакторам с газовым теплоносителем, в ФЭИ (тогда Лаборатории «В») — реакторам с жидкометаллическим теплоносителем.

В конце 40-х годов разрабатывались и другие типы энергетических реакторов. Уже к

1950 г. поступили предложения о строительстве трех опытных реакторов: реактора под названием Ш (в других документах ШГ, что означало реактор уран-графитовый шарообразной конструкции с газовым теплоносителем, точнее с гелием), реактора Л — уран-бериллиевого с He-теплоносителем (оба тепловой мощностью по 10 МВт)<sup>7)</sup> и реактора АМ — уран-графитового с водяным теплоносителем тепловой мощностью 30 МВт. Вскоре появилось предложение о замене реактора Л на ВТ — уран-бериллиевый с жидкометаллическим теплоносителем.

В начале марта 1950 г. (05.03.1950) на заседании Техсовета рассматривались эти предложения по всем трем реакторам вместе с проработками возможного места строительства опытной базы энергетических реакторов.

16.05.1950 вышло постановление правительства о строительстве указанных трех реакторов, причем, как следует из документов, первым предполагалось завершить строительство реактора Ш в 1952 г., а двух других — в 1953 г. Местом строительства была выбрана территория, прилегающая к Лаборатории «В», вблизи ст. Обнинское, в 16 км от известного г. Малоярославца Калужской области.

Назначение опережения строительства реактора Ш свидетельствует о том, что технический уровень проработки этих реакторов еще не был раскрыт. В действительности наиболее подготовленным был вариант уран-водографитового реактора. В 1950-1951 гг. для каждого из этих реакторов были определены для реализации исследований перечни необходимых разработок, которые показывали, что потребуются значительно большие сроки выполнения, чем это предполагалось. Наиболее сложными оказались разработки по реактору с газовым теплоносителем, так как реакторы должны были работать при высокой температуре газа (до 750 °С). Что касается использования жидких металлов в качестве теплоносителя, то указанное постановление фактически положило начало развитию этого направления. Оба эти направления в результате оказались менее подготовленными для строительства опытных реакторов, и оно фактически не осуществлялось.

Ведущий конструктор реактора первой АЭС П.И. Алешенков оставил запись, что поручение И.В. Курчатова о конструировании реактора было получено в 1949 г. [3, с. 22].

Первым источником (который удалось найти) с описанием физических особенностей предложенного для первой АЭС реактора является отчет ИАЭ 1950 г., подписанный И.В. Курчатовым, С.М. Фейнбергом, П.Э. Немировским и Ю.Н. Занковым. Основная идея состояла в применении трубчатого твэла<sup>\*)</sup>, в котором поток воды для теплосъема движется внутри трубки, а уран находится снаружи и должен иметь ненарушаемый тепловой контакт со стенкой трубки. При такой схеме количество стали в виде трубок (цирконий еще не производился) примерно в 1,5 раза меньше в сравнении с вариантом, когда уран размещается в виде блочков со стальными оболочками и находится внутри трубок. Этот выбор свидетельствует о стремлении к малой затрате обогащенного урана.

В препроводительном письме к этому отчету заместитель директора ИАЭ И.Н. Головин в связи с передачей научного руководства проектом в ФЭИ в 1951 г. отмечал, что никаких других документов по реактору в ИАЭ нет и, таким образом, способ изготовления трубчатых твэлов был не известен. Тепловая напряженность твэлов, принятая в проекте, была примерно в 3 раза меньшей, чем в варианте реактора АМ, но все же назначалась высокой ( $2,3 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>). Длительная работа твэлов неизбежно связана с термоциклированием, с резким изменением температуры, что, как показывали первые опыты, может вызвать разрушение конструкций твэла с возможным выходом радиоактивности [4]. Наиболее вероятны такие случаи при больших тепловых нагрузках. Требовалось проведение поисковых работ с затратой труда ученых и инженеров.

Д.И. Блохинцев, научный руководитель проекта с 1951 г., в своей книге [5] указывает, что А.И. Лейпунский (руководитель работ по быстрым реакторам в ФЭИ) не одобрял поручения ФЭИ разрабатывать реактор первой АЭС, так как это отвлекало бы силы от более перспективного направления ядерной энергетики — создания быстрых реакторов, способных воспроизводить делящиеся изотопы в количестве, превышающем разделившиеся.

Таким образом, А.И. Лейпунский отстаивал кардинальное направление развития ядерной энергетики, хотя и оказывал помощь

при создании первой АЭС. Однако неготовность технических разработок для применения жидкометаллического теплоносителя, а также разработок быстрых реакторов сделали вариант уран-графитового реактора с водяным теплоносителем единственным осуществимым в обозримые сроки. И.В. Курчатов предложил передать дальнейшую разработку этого реактора и сооружение на его основе АЭС институту в Обнинске [5, с. 24].

Защита технического проекта конструкции уран-водографитового реактора первой АЭС, разработанной НИИхиммашем под руководством Н.А. Доллежала, состоялась 05.03.1951, после чего было издано второе постановление правительства, в котором были назначены основные разработчики оборудования, заводы-изготовители и поставщики.

Таким образом, этот тип реактора оказался первоочередным вариантом для первой АЭС. Выбор определенного типа реактора среди многих возможных следует считать важной ступенью на пути решения проблемы сооружения первого энергетического реактора, так как это позволило наметить и осуществлять конкретный перечень исследований, хотя некоторые из проблем, особенно по тепловыделяющему элементу, требовали изобретательности.

При защите проекта конструкций реактора экспертами были сделаны серьезные замечания. Обсуждение плана с перечнем необходимых экспериментов заняло несколько месяцев, он оказался объемным, что вызывало сомнения в возможности его осуществления. В процессе дальнейших разработок проводились неоднократные ревизии проектных предложений некоторых систем и устройств со стороны комиссий, назначавшихся и И.В. Курчатовым, и руководством министерства, это вызывало значительные задержки в реализации проекта и строительства.

Многочисленные попытки некоторых институтов изготовить опытные образцы трубчатых твэлов, которые выдерживали бы проектные тепловые нагрузки с термоциклированием, заканчивались неудачами до октября 1952 г. Всего разрабатывались четыре различные конструкции с подвариантами в каждой из них. По этой причине разрабатывался запасной вариант со стержневыми твэлами, что

<sup>\*)</sup> Однако пока не удалось установить, кто является автором предложения о применении трубчатого твэла.

было серьезным отступлением от первоначального варианта и не вызывало энтузиазма руководства, такие варианты не обсуждались на заседаниях НТС или его секциях.

В конце 1952 г. группа технологов ФЭИ, возглавлявшаяся В.А. Малых, завершила поиски возможных конструкций трубчатых твэлов. Был разработан новый тип твэла с дисперсионной композицией уран-молибденовой крупки в магниевой матрице с обеспечением сплошности тепловыделяющего слоя и надежного контакта с трубкой. Эта конструкция допускает осуществление многих термоциклов и выдерживает нагрузки до  $8 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>. (Это было установлено в марте 1953 г. на теплотехническом стенде в ФЭИ.) Этот тип твэлов позволяет также проведение предреакторных тепловых испытаний с обеспечением заданных повышенных температуры и нагрузок. Таким образом, обеспечивалась страховая отбраковка, опытные образцы твэлов проходили также испытания в реакторе МР в ИАЭ. В последующей эксплуатации эти твэлы показали высокую работоспособность до выгорания 40 кг/т.

Значительные трудности при проектировании реактора вызывал недостаток многих констант для физического расчета реактора. Хотя часть из них постепенно пополнялась за счет измерений в ИАЭ и немногих в ФЭИ, но в целом нельзя было гарантировать высокую точность рассчитываемых параметров. Учет погрешностей в константах указывал на возможные значительные погрешности, которые могли свести первую кампанию до нуля.

В конце февраля — начале марта 1953 г. появилась возможность построить в ФЭИ критическую сборку прототипа реактора первой АЭС (АМФ), предварительные расчеты которой дали удовлетворительное согласие с экспериментом [6]. Однако эта сборка находилась лишь при комнатной температуре, тогда как основной замедлитель в реакторе должен иметь температуру 600 °С. Осуществить такое состояние на опытном стенде было невозможно, поэтому оставалось ждать результатов на действующем реакторе. Однако один из важных вопросов для этого типа реакторов — роль наличия и отсутствия воды в реакторе — на этом стенде был выяснен, хотя и не до конца. Поэтому такие измерения были продолжены при подготовке сборки критической массы реактора первой АЭС.

Реактор первой АЭС 09.05.1954 г. при загрузке примерно половины каналов с ураном достиг критичности. Далее были проведены измерения по уточнению полуэмпирических зависимостей параметров решетки реактора, гидродинамических (аварийных) характеристик оборудования циркуляционного контура [3, с. 44–45]. Во всех этих работах принимал непосредственное участие И.В. Курчатov.

Монтаж циркуляционных контуров и другого оборудования станции проводился в основном в 1954 г. в течение 3–4 месяцев. Высокое качество монтажных работ в значительной мере обязано хорошей подготовке монтажников во главе с В.Ф. Гусевым и непрерывному наблюдению и контролю со стороны будущего персонала станции под руководством А.Н. Григорьянца. Это способствовало проведению пусконаладочных работ в кратчайшие сроки и без существенных замечаний.

Строительство и монтаж проводились при участии Е.П. Славского.

26.06.1954 в 17 ч 45 мин пар, выработанный за счет использования атомной энергии, был подан на турбину. Это был второй важный этап на пути освоения применения атомной энергии для мирных целей.

Пуск первой АЭС в значительной мере активизировал продвижение подготовительных мероприятий в разных странах на пути мирного использования атомной энергии. Можно отметить создание многих национальных центров с собственными опытными реакторами. Вскоре последовавший пуск первого уран-газового энергетического реактора в Колдер-Холле (Великобритания) и первого водо-водяного реактора в Шиппингпорте (США) были ответной реакцией в этих странах.

В начале эксплуатации первой АЭС проявились и некоторые дефекты, главным из которых было коррозионное растрескивание тонкостенных трубок в каналах со стержнями-поглотителями и технологических каналах, но в то же время без существенных замечаний работали парогенераторы, трубчатка которых также выполнена из нержавеющей стали. После защиты нержавеющей стали коррозионные явления не повторялись.

В процессе эксплуатации совершенствовалось и другое оборудование, в том числе циркуляционные насосы. В целом возникавшие проблемы не препятствовали эксплуата-

ции, работа оборудования была удовлетворительной. Поэтому этот тип реактора нашел горячих сторонников. На его основе могла быть создана достаточно простая энергетическая установка с производством пара внутри реактора и с подачей его в турбину. Это вело к значительному упрощению оборудования атомной электростанции. Более того, появлялась возможность получения перегретого пара. Развернутые в этом направлении на первой АЭС работы привели к освоению режимов кипения воды в реакторе (1956-1957 гг.) и перегрева пара (1958 г.) без использования посторонних пусковых источников пара. На этой основе в 1958-1967 гг. были сооружены реакторы первого и второго блоков Белоярской АЭС электрической мощностью 100 и 200 МВт соответственно, в которых было освоено получение перегретого пара температурой свыше 520 °С.

Параллельно развивалось направление быстрых реакторов. В 1956 г. был построен реактор БР-2, модифицированный в БР-5, а затем — БР-10. После этого были построены БОР-60, БН-350 и БН-600 электрической мощностью 600 МВт.

Дальнейшее развитие уран-водографитовых реакторов было связано с РБМК-1000 электрической мощностью 1000 МВт с использованием стержневых твэлов. Одна из главных привлекательных особенностей этих реакторов состоит в возможности перегрузки топлива (твэлов) на ходу.

Известные события апреля 1986 г. потребовали существенного пересмотра технических решений по выбору обогащения урана и применению быстродействующей защиты для предотвращения разгона реактора.

После пуска первой АЭС во всем мире преимущественное распространение получили водо-водяные реакторы (без кипения и с кипением воды в активной зоне), в которых и замедлителем, и теплоносителем является обычная вода. Эти реакторы для работы требуют применения обогащенного до 4–5 % урана и поэтому реализовывались по мере увеличения производства делящихся изотопов урана. Первым в СССР был реактор Ново-Воронежской АЭС электрической мощностью 230 МВт. Реакторы этого типа компактнее графитовых, но для изготовления оборудования (в частности, корпусов под дав-

лением 10–16 МПа) требуют специализированных заводов тяжелого машиностроения.

Строительство первых энергетических реакторов электрической мощностью 60–200 МВт можно назвать третьим этапом, так как для своего осуществления они потребовали создания крупных сооружений с крупным оборудованием, со сложными системами по сбору информации и управлению, отвечающих требованиям безопасности в той мере, в какой она представлялась реальной к концу 60-х годов. Опыт проектирования и эксплуатации этого поколения реакторов был положен в основу создания более мощных реакторов до 1500 МВт. Каждый энергетический блок с таким реактором является не только крупнейшим производителем энергии, но и потребителем (60–100 тыс. кВт) с надежным оборудованием общей массой 50–60 тыс. т металлоконструкций, сотнями километров кабелей связи и силовых передач.

Обеспечение надежности — задача не простая. Ее решения составили четвертый этап развития ядерной энергетики. За период с середины 50-х гг. по 1992 г. мощность действующих АЭС в мире достигла более 330 тыс. МВт [7]. Особенно бурный рост энергетических мощностей наблюдался с 1975 г., т. е. с начала топливного кризиса.

Прогнозы дальнейшего развития энергетики зависят от многих факторов, главными из которых являются возможность обеспечения народного хозяйства органическими видами топлива (углем, нефтью, газом) и возможность покрывать достаточно большие затраты не только на строительство АЭС, но и на захоронение радиоактивных отходов с обеспечением высокого уровня безопасности для населения. Что касается добычи органического топлива, то можно с уверенностью сказать, что будет непрерывное стремление к переходу на АЭС как на способ получения энергии, отвечающий более высоким требованиям экологической обстановки.

В части захоронения радиоактивных отходов в экологических требованиях и технике АЭС должны произойти существенные изменения применявшихся способов (сбросы на дно океанов и т. п.). Это потребует проведения длительных поисковых работ и решения попутно возникающих проблем.

## Список литературы

1. *Курчатов И.В.* Избранные труды, т. 3. М.: Наука, 1984.
2. *Жежерун И.Ф.* Строительство и пуск первого в Советском Союзе атомного реактора. М.: Атомиздат, 1978.
3. Атомной энергетике XX лет : Сб. статей. — М.: Атомиздат, 1974.
4. Отчет ИАЭ «Нейтронно-физические расчеты аппарата АМ», 1950.
5. *Блохинцев Д.И.* Рождение мирного атома. — М.: Атомиздат, 1977.
6. *Минашин М.Е.* Критическая сборка реактора первой в мире АЭС. — Атомная энергия. 1956, вып. 6. С. 382—386.
7. Nuclear Power Reactors in the World. Vienna: IAEA, 1993.

Опубликовано: «Атомная энергия». 1994 г. Том 76, вып. 4. С. 362-368.

## Комментарии составителей:

<sup>1)</sup> Статья подготовлена М.Е. Минашиным к 40-летию АЭС.

<sup>2)</sup> Возможно, ошибка; о довоенных работах И.И. Гуревича и И.Я. Померанчука в этой области сведения не установлены. Вероятно, они относятся к 1943 г. и более позднему периоду. В 1944 г. И.И. Гуревич защитил диссертацию на тему «Некоторые проблемы диффузии и поглощения нейтронов и цепное деление ядер».

<sup>3)</sup> М.Г. Первухин в состав Технического совета не входил.

<sup>4)</sup> Здесь и далее, видимо, использованы выписки Б.С. Позднякова из обзоров и материалов зарубежной печати, результаты анализа которых он периодически докладывал НТС.

<sup>5)</sup> Проработки первого энергетического реактора велись в ФЭИ с 1947 г.

<sup>6)</sup> Изложенное здесь в двух последующих абзацах, видимо, результат позднейших размышлений, так как нет оснований считать, что в 1947—1951 гг. серьезно рассматривались планы преодоления послевоенной разрухи с помощью АЭС.

<sup>7)</sup> Предложения о разработке реакторов «Л» и «Ш» поступили в 1947 г., к 1950 г. были подготовлены проектные материалы и проведен ряд экспериментальных исследований в их обоснование.

## УРОКИ И НАСЛЕДИЕ ПЕРВОЙ В МИРЕ АЭС

Л.А. КОЧЕТКОВ

Первая в мире АЭС была разработана и построена за очень короткий срок — 4 года — в условиях неимоверного напряжения сил по восстановлению разрушенной войной страны. Это стало возможным потому, что задача создания АЭС была отнесена к числу приоритетных политических и народно-хозяйственных задач. К ее решению были привлечены лучшие научные и инженерные кадры, лучшие научные институты и промышленные предприятия страны.

После пуска Первой АЭС и для специалистов, и для широкой общественности стало очевидным, что ядерная энергия укротима и управляема, и что производство электрической энергии на атомных электростанциях вполне реальное дело. Более того, стали понятными экологические преимущества АЭС — она не выбрасывает при своей работе парниковые газы и другие ядовитые вещества. Была отмечена независимость месторасположения станции от рудников по добыче уранового сырья, стали понятны и пути достижения конкурентоспособности — повышение мощности и повышение термодинамической эффективности будущих блоков АЭС.

Опыт разработки, создания и эксплуатации Первой АЭС помог более четко определить задачи ближайшего будущего по использованию ядерных реакторов как в энергетике, так и других промышленных применениях. В последующие за пуском Первой АЭС 10 лет в СССР создаются:

- две опытно-промышленные установки, прототипы энергетических ядерных установок для подводных лодок с водным теплоносителем в 1956 г. и с жидкометаллическим теплоносителем в 1959 г.; обе установки созданы на промышленной площадке ФЭИ;
- первый блок Сибирской АЭС в Томске-7 мощностью 100 МВт(э) в 1958 г.;
- первый атомный ледокол «Ленин» в 1959 г.;
- транспортабельная АЭС ТЭС-3 мощностью 1,5 МВт(э) в 1961 г. в г. Обнинске (ФЭИ);
- первый блок Белоярской АЭС с реактором канального типа мощностью 100 МВт(э) в 1964 г.;
- первый блок Ново-Воронежской АЭС с реактором типа ВВЭР мощностью 210 МВт(э) в 1964 г.

*Кочетков Лев Алексеевич* (р. 20 марта 1930), инженер-физик, кандидат тех. наук (1970). Окончил Московский механический институт (1953).

С 1953 г. по настоящее время работает в ФЭИ в Обнинске (с 1960 г. — главный инженер Первой в мире АЭС, с 1962 г. — зав. лабораторией, с 1973 г. — зав. отделом, с 1982 г. — директор Отделения, с 1987 г. — зам. директора института по научной работе; с 1993 г. — внс — советник директора, генерального директора).

Основные работы в области исследования и обоснования теплогидравлической и физической надежности и безопасности активных зон реакторов на тепловых и быстрых нейтронах: Первой АЭС, транспортабельной АЭС ТЭС-3, Белоярской АЭС (в 1963—1965 гг. научный руководитель 1-го блока), БН-350, БН-600 (научный руководитель по энергопуску), БН-800, БН-1600, Билибинской АТЭЦ. Участвовал в пусковых работах Сибирской АЭС и АЭС в Чехословакии. В настоящее время научный руководитель работ по проектированию Многоцелевого быстрого исследовательского реактора (МБИР), сооружаемого в рамках Федеральной целевой программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

Орден Трудового Красного Знамени (1980). Государственная премия СССР (1970, 1983). Золотая (1964) и Бронзовая медали (1970) ВДНХ СССР. Заслуженный энергетик РФ (1994).

Реактор АМ Первой АЭС стал основоположником направления канальных уран-графитовых реакторов АМБ-1 и АМБ-2 Белоярской АЭС, ЭГП-6 Билибинской АЭС, на нем отработывались отдельные элементы реакторов РБМК Ленинградской, Курской, Смоленской, Чернобыльской и Игналинской АЭС.

Немаловажным было и то, что Первая АЭС стала «кузницей кадров» для подготовки специалистов-эксплуатационников реакторных установок Ново-Воронежской и Белоярской АЭС, ледокола «Ленин», первых двух подводных лодок, для подготовки специалистов ГДР, ЧССР, КНР, СРР. Работники Первой АЭС принимали участие в пуске Сибирской АЭС, пуске и эксплуатации Белоярской АЭС, Билибинской АЭС, первой АЭС ЧССР в Богуннице, многие из них стали руководителями АЭС, работали в аппарате Министерства.

Очень скоро реактор АМ Первой АЭС стал одной из основных исследовательских реакторных баз. На его проектных экспериментальных установках (горизонтальные и вертикальные облучательные каналы, тепловая колонна, селекторный канал, горячая камера) и на вновь созданных 17 экспериментальных петлях была организована наработка изотопной продукции, проводились нейтронно-физические исследования и исследования по физике твердого тела, осуществлялись комплексные исследования пусковых и переходных режимов по проектам Белоярской АЭС (в режимах кипения и внутриреакторного перегрева теплоносителя) и Билибинской АТЭЦ (в режиме естественной циркуляции теплоносителя). Проводились испытания новых тепловыделяющих элементов, органических теплоносителей, новых материалов, новых датчиков внутриреакторного контроля и стержней управления реактивностью. С 1961 г. прово-

дились массовые испытания электрогенерирующих каналов для космических реакторных установок БУК и ТОПАЗ.

Очень скоро Первая в мире АЭС стала доступной для широкой общественности. Ее гостями были выдающиеся ученые, политические и общественные деятели, в том числе: Д. Неру и И. Ганди, А. Сукарно, В. Ульбрихт, Ким Ир Сен, И. Броз-Тито, Ф. Жолио-Кюри, Х. Баба, Г. Сиборг, Ф. Перрен, З. Эклунд, С. Коул, Г.К. Жуков, Ю.А. Гагарин, члены Правительства СССР: Г.М. Маленков, Л.М. Каганович, В.М. Молотов, М.Г. Первухин. За первые 20 лет эксплуатации Первой АЭС ее посетили около 60 000 человек, в том числе – 9000 иностранцев.

Нельзя не отметить еще один факт. За все годы эксплуатации установки на ней не было случая опасного переоблучения сотрудников, также как окружающая местность и город, расположенный в 1,5 – 4,5 км от реактора, не подвергались радиационному воздействию выше флуктуаций естественного фона.

Ядерная энергетика явилась образцом новых, высоких, потенциально опасных технологий. Она потребовала нового отношения к проблеме безопасности на всех стадиях создания АЭС – от проектирования до эксплуатации, новой культуры эксплуатации, признающей приоритет безопасности, участия научных коллективов в проектировании и эксплуатации. Первые ростки подобной философии безопасности также идут от Первой АЭС, однако потребовалось время и многонациональный опыт, чтобы она утвердилась в мире.

До последнего «рабочего» дня на установке Первой АЭС, кроме утилизации тепловой энергии, осуществлялась наработка изотопной продукции и проводились испытания твэлов. И это уже само по себе имеет значение.

### Первая в мире АЭС остановлена. Что же дальше?

По приказу Министра «О подготовке к выводу и выводе из эксплуатации Первой в мире АЭС» от 29 апреля 2002 г. станция была остановлена. Точнее – была прекращена ее эксплуатация с генерацией мощности за счет цепного процесса деления ядер урана и плутония. Ее эксплуатация продолжается, но уже в режиме вывода из эксплуатации. Обращаясь в тот день к персоналу станции, генераль-

ный директор ГНЦ РФ-ФЭИ, выполняющего функцию эксплуатирующей организации, А.В. Зродников сказал: «Все, кто не хотел бы расстаться с Первой АЭС, может продолжить свою работу в интересный период ее вывода из эксплуатации, и в этой работе вы фактически вновь будете первопроходцами, а мы в вашем участии в этой работе заинтересованы. Станция находилась в эксплуатации без

малого 48 лет. Срок для реакторной установки пока рекордный. Пора ей на покой, но к этому ее необходимо хорошо подготовить.»

Согласно концепции принят вариант вывода из эксплуатации исследовательского реактора станции с длительным сохранением установки под наблюдением. Эту деятельность предполагается осуществить в четыре этапа.

Первый этап – подготовительный. На этом этапе фиксируется накопленный опыт, создается банк исходных данных, разрабатываются программа инженерного и радиационного обследования установки, программа и график вывода установки из эксплуатации, программа обеспечения качества работ, выполняется оценка накопленной активности и объемов радиоактивных отходов, разрабатывается техническое задание на проект и сам проект вывода из эксплуатации установки, включая отчет по обоснованию безопасности и смету расходов.

Установка освобождается от свежего и накопленного отработавшего топлива, жидких и газообразных радиоактивных сред, разрабатывается программа НИОКР в процессе вывода установки из эксплуатации, включающая разработку нестандартных технологических процессов по кондиционированию радиоактивных отходов, разрабатываются и изготавливаются необходимые транспортные средства, приспособления, инструментарий.

Кроме того, в процессе вывода из эксплуатации Первой АЭС предполагается провести тщательные радиационные исследования, исследовать комплексное длительное воздействие различных повреждающих факторов на использованные материалы (сталь, графит, бетон и др.), определить остаточный ресурс оборудования.

Большая часть работ этого этапа выполнена. В частности, проведена проверка состояния оборудования и систем с целью подтверждения их работоспособности при выполнении работ на подготовительном этапе, проведена проверка состояния здания и сооружений. В результате были оформлены документы, дающие право на продолжение эксплуатации всего комплекса АЭС на семь ближайших лет.

В сентябре 2002 г. из реактора извлечена последняя топливная сборка. Организована массовая разборка облученныхборок с отделением от них твэлов, их контролем, отбраковкой дефектных, упаковкой в транспорт-

ные пеналы и отправкой их в центральное хранилище отработавшего топлива института. К настоящему времени одно из двух хранилищ АЭС полностью освобождено от отработавшего топлива. В процессе выполнения этих работ было выявлено, что ~20% твэлов, длительное время находящихся в хранилище, имеют повреждения оболочек, в том числе с частичной потерей топлива. Как правило, такие просыпи топлива локализованы на дне гильз хранилища. Это потребовало разработки технологического процесса, изготовления необходимого оборудования и очистки с его помощью гильз хранилища.

Проведенными расчетными исследованиями установлено, что общая накопленная активность на реакторе АМ составляет  $\sim 4 \cdot 10^{16}$  Бк. За 70 лет выдержки в разряд нерадиоактивных, промышленных, не подлежащих контролю, отходов согласно «Основным санитарным правилам обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99) перейдут бетон защиты реактора ( $\sim 2600$  т) и верхняя чугунная защита ( $\sim 20$  т). Другие металлоконструкции реактора: кожух, баки водной защиты, нижняя плита и внутренние чугунные блоки ( $\sim 70$  т), а также графит активной зоны ( $\sim 30$  т) – останутся радиационно-опасными. При этом долгоживущая активность металлоконструкций из углеродистой стали будет определяться ничтожными примесями никеля и серебра в ней и для их полного распада потребуется  $\sim 1300$  лет, а активность графита за счет C-14 останется без изменений не одну тысячу лет. За 50 лет общая активность оборудования снизится с  $4,3 \cdot 10^{16}$  Бк до  $1,1 \cdot 10^{15}$  Бк, что позволит с меньшими дозозатратами производить работы следующего этапа.

В рамках подготовительного этапа остались две важнейшие задачи: завершить разборку оставшихся штатных отработавших топливныхборок с отправкой твэлов в центральное хранилище отработавшего топлива института, выполнить работы по разборке экспериментальных электрогенерирующих каналов ( $\sim 50$  шт.) и обезвредить содержащиеся в них технологические среды Cs, Li, Na-K. Кроме того, на этом этапе необходимо завершить разработку проекта. Полностью завершить работы подготовительного этапа предполагается в 2006 году.

Следующий, второй этап, – подготовка установки к длительному сохранению под наблюдением. На этом этапе предстоит:

- демонтировать ненужное для дальнейших работ нерадиоактивное механическое и электрооборудование с целью их утилизации;
- демонтировать ненужное для дальнейших работ слабоактивное оборудование, отправить его в хранилище радиоактивных отходов института;
- выполнить локализацию с изоляцией от окружающей среды наиболее опасных источников радиоактивности (реактор, могильник горячей камеры, ёмкость № 9 с высокоактивными отходами), остающихся на здании АЭС на длительное сохранение под наблюдением;
- смонтировать необходимые средства контроля за нераспространением локализованной радиоактивности и сохранением барьеров на путях возможного ее распространения, и организовать систематический надзор за этими системами;
- смонтировать дополнительные средства физической защиты;
- выполнить предусмотренные проектом работы по организации на базе Первой в мире АЭС Музея атомной энергетики;

### Состояние работ по выводу из эксплуатации Первой АЭС в год 60-летия со дня пуска

Первый этап вывода установки из эксплуатации в настоящее время полностью завершён. Было проверено состояние необходимых для выполнения дальнейших работ оборудования, приборов, систем контроля; проверено состояние здания и сооружений: подтверждена их работоспособность. В сентябре 2002 г. из реактора извлечена последняя топливная сборка и на их место установлены верхние части от разобранных (демонтированных) бывших топливных каналов. Таким образом, реактор изолирован от окружающей среды. В 2008 г. завершена разборка оставшихся штатных топливных сборок и экспериментальных электрогенерирующихборок космического назначения с кондиционированием их рабочих сред – цезий, литий и натрий-калий. Все тепловыделяющие элементы топливных каналов упакованы в чехлы и вывезены в центральное хранилище института. Всего в хранилище института вывезено 12 136 кг уран-молибденового и уран-оксидного топлива обогащением по урану-235 от 5 до 10 %. После этого все гильзы хранилища ОТВС очищены от просыпей топлива из негерметичных твэлов.

- выполнить необходимые ремонтные работы и оформить документацию, подтверждающую возможность дальнейшей длительной эксплуатации здания и сооружений (основное здание, вентиляционный центр и др.);
- получить лицензию на выполнение работ по выводу АЭС из эксплуатации.

Работы второго этапа предполагается завершить к 2011-2012 годам. В этот период будут продолжены работы по выполнению исследований по программе НИОКР и программе комплексного инженерного и радиационного обследования установки.

Два последующих этапа – третий (длительное сохранение под наблюдением) и четвертый, завершающий этап по выводу установки из эксплуатации, предусматривающий окончательный демонтаж и ликвидацию всего оставшегося оборудования, зданий и сооружений, в настоящее время прогнозировать, тем более детально планировать, трудно. Вероятнее всего потребуются неоднократная корректировка проекта с учетом результатов исследований, накопленного опыта, реального состояния зданий и сооружений.

Работы второго этапа также завершены. Локализованы и по возможности герметизированы остающиеся наиболее опасные участки:

1) бетонная шахта реактора и находящиеся в ней кольцевой бак водной защиты и металлоконструкции реактора (кожух, верхняя и нижние плиты) с графитовой кладкой – всего 2720 т;

2) «могильник» горячей камеры (8,15 т стальных и 24,46 т графитовых радиоактивных отходов) с баком-отстойником и расположенные поблизости монжюсы М-1 и М-2 с общей оцененной активностью  $4,2 \cdot 10^{14}$  Бк;

3) ёмкость № 9, в которой находятся радиоактивные стальные и графитовые отходы, всего 16,5 т с оцененной активностью  $4,2 \cdot 10^{13}$  Бк.

На основе анализа проб графита и шлама выполнена оценка содержания просыпей урана и плутония в графитовой кладке реактора, а также в баке-отстойнике «могильника» горячей камеры и в монжюсах М-1 и М-2. С учётом обогащения урана  $\leq 10\%$  общая сумма по урану-235 составила 78 г и по плутонию 2,8 г. Поскольку общее содержание делящихся элементов не превышает рег-

ламентированных 300 г установка АМ теперь не является ядерно-опасным объектом.

Произведен демонтаж нерадиоактивного и слаборадиоактивного оборудования, соответственно, 60 и 245 т. Нерадиоактивное оборудование вывезено для утилизации. Радиоактивное оборудование вывезено в цех радиоактивных отходов института.

В соответствии с Поручением Президента Российской Федерации от 9 апреля 2009 г. и приказом Госкорпорации «Росатом» на базе Первой в мире АЭС создается отраслевой мемориальный комплекс. В связи с этим часть оборудования, включая парогенератор, насосы, оборудование СУЗ, оборудование пульта управления и многое другое, не демонтируется.

С учётом всех выполненных работ получена лицензия на вывод из эксплуатации

Первой АЭС, и установка переведена в режим сохранения под наблюдением. Однако моральные соображения и зарубежный опыт подсказывают отказаться от первоначально принятого решения сохранения установки под наблюдением в течение 70-100 лет, а без промедления приступить к работам по окончательному демонтажу и захоронению остающихся радиоактивного оборудования и материалов, за исключением оставляемых для демонстрации в качестве музейных экспонатов.

В заключение стоит напомнить, что за всё время эксплуатации и последних лет вывода из эксплуатации на Первой АЭС не было случаев опасного переоблучения персонала, а также не было случаев опасного радиационного загрязнения окружающей среды и опасного воздействия на население.





## PREAMBLE

# ON THE HISTORY OF THE WORLD'S FIRST NPP CREATION

Yu.V. FROLOV

### PROJECT GENERATION

<sup>1)</sup>In 1922, long before the discovery of neutrons and uranium nuclei fission reaction induced by them, V.I. Vernadsky wrote, "Soon the time will come when the man will get nuclear power at his disposal, the source that will give him the chance to organize his life as he would like to. It may happen in centuries. But in any case it is obvious that it will have to be. Will the man be able to properly use this force, to direct it towards his good and not to his self-destruction? Is he wise and skilled enough to use the force that the science will inevitably give him?.."

And though, when speculating about the prospects of nuclear power, he sometimes asked himself, "I wonder if I'm wrong or not?", after the outstanding discovery made by O. Hahn and F. Strassmann he did everything possible to persuade the USSR Government of the necessity to work on this problem so as even before the beginning of the war to combine the odd studies into a single comprehensive, target-oriented program of work on "the practical use of uranium intra-atomic energy."

In spite of the skeptical attitude of a number of scientists, the discussions of V.I. Vernadsky's initiative held in the USSR Academy of Sciences resulted in working out a set of interesting technical proposals, in a more thorough discussion of various reactor concepts. Under this program the experiments on uranium isotopes separation were carried out, a number of studies in nuclear physics and calculations of "critical size and mass required for neutron-induced chain fission reaction" were performed. Besides, the state of uranium deposits and technologies of uranium ore reprocessing were analyzed and the measures on expanding geological exploration were indicated.

In 1940–1941 in the USSR consideration was given to several patterns of chain reaction pro-

gression and, according to I.V. Kurchatov statement, only one of them ("the mixture of uranium enriched with light isotope and water") was recognized as applicable for creation of a nuclear reactor. Distressing was also the analysis of practical potentialities to solve this problem (there were no uranium and heavy water reserves sufficient for experiments, the methods of uranium isotopes separation that would allow the required amount of <sup>235</sup>U to be promptly separated had not been developed, there was no experimental base for research in nuclear physics, etc.). That was the situation by the beginning of the war when all the nuclear investigations were suspended in the country.

When in 1942 the "uranium" work was recommenced, the problem of "uranium fuel production" first was identified in the resolutions of the State Defense Committee, in I.V. Kurchatov's reports as an alternative (either a bomb or a fuel), and then as a possible promising task. The purpose of all the reactor studies of that time was to create a reactor for plutonium production.

I.V. Kurchatov enthusiastically received the information of intelligence service about the reactor start-up under Fermi's guidance in the USA. He considered it as "an extremely important message" and the event as "the most remarkable phenomenon in the world science and technology". In 1944, when reporting to I.V. Stalin about the work results, he pointed out that "though the use of uranium energy was related to the solution of most difficult problems, the danger of the use of nuclear bombs and power prospects of nuclear boilers were so significant for the country that the utmost development of work on uranium was the issue of pressing necessity."

On August 20, 1945, soon after the nuclear bomb explosion in Japan, the Special Commit-

tee<sup>2)</sup> at the State Defense Committee (SDC), with L.P. Beriya as its Chairman, and the First Chief Directorate (PGU) at the USSR Council of People's Commissioners (CPC)<sup>3)</sup> headed by B.L. Vannikov were established to take control of all the work on the use of nuclear energy. The two main practical tasks of these agencies were also defined: "to construct nuclear power plants and to develop and fabricate a nuclear bomb."

It is quite natural that in 1945—1949 the main efforts of scientists and material resources were directed towards the creation of a nuclear bomb. But already in October 1945, P.L. Kapitsa was the first who raised the question in the Special Committee about the necessity to organize work on the peaceful use of nuclear power. In December 1945, when assessing the situation of those days, P.L. Kapitsa wrote, "... What is happening nowadays when the nuclear energy is considered, first of all, as the means for wiping out people is as petty and absurd as to recognize the main value of electricity in the possibility to construct an electric chair." He thought that "the principal value of the technical use of nuclear processes consisted in the fact that the mankind had a new powerful energy source at its disposal." Soon, on L.P. Beriya's demand, he was dismissed from the Special Committee membership and the initiative was passed into the hands of President of the USSR Academy of Sciences, S.I. Vavilov who submitted his proposals on work in this field in April 1946. The following people participated in their discussion and preparation of the first plans: A.F. Ioffe, I.V. Kurchatov, A.I. Leypunsky, A.I. Alikhanov, N.N. Semenov, Yu.B. Khariton, D.V. Skobeltsyn, G.M. Frank, V.S. Yemelyanov, B.S. Pozdnyakov.

In this context there were certain subjects related to nuclear power and the issue of power reactor creation that were mentioned for the first time. They were: "The use of nuclear power in national economy (power engineering, transport)," "The use of uranium boilers for electricity generation," etc., and even exotic of that time "Research on the issue of direct conversion of radioactive radiation into other forms of energy." <sup>4)</sup>

The plan prepared on the basis of S.I. Vavilov's proposals and approved by the USSR Council of Ministers in December 1946 included the following subject: "The ways to use nuclear reactions for power systems". The work was charged to the Institute of Chemical Physics, Laboratories No.2<sup>5)</sup> and No.3<sup>6)</sup> of the USSR Academy of Sciences "with the involvement of the Central Institute of

Boilers and Turbines (TsKTI) and All-Union Thermal Engineering Institute (VTI) into the development of respective issues." <sup>7)</sup>

We could hardly say definitely what particularly was done by this order. Using indirect information we managed to find out that in the documents from Laboratory No.2 there was certain mentioning of G.N. Flerov's position paper called "The ways to use reactor systems" concerning fast neutron reactors and uranium-graphite reactors with water and gas coolants. Probably there was some consideration of their use for electricity generation. Certainly, the most important achievement of 1946 was the creation and start-up (in December, 1946) of reactor (critical assembly) F-1 at the site of Laboratory No.2.

Since 1947 the Scientific and Technical Council (STC) of the First Chief Directorate (PGU)<sup>8)</sup> started to pay more attention to nuclear power. At that time the STC was actually the main coordinating and expert authority responsible for scientific and research work under the Soviet nuclear project. In late 1946 — early 1947, by order of the STC Chairman, B.L. Vannikov, the Scientific Secretary of this Council, B.S. Pozdnyakov, prepared a position paper. It was called "Nuclear Reaction Based Power Systems" and based on the work performed in the USSR and the analysis of materials published in foreign press. On March 24, 1947, the STC considered this paper and made the conclusion "that currently research and preliminary design work should be initiated with the aim to use nuclear reaction energy for power systems, bearing in mind the preparation for developing work in this direction in good time."

In 1946—1947 Laboratory "V"<sup>9)</sup> was established, it was the first research and development institution in the USSR for developing power reactors. It turned out very important for further progression of events in this area.

Already in 1946 — early 1947, the possibility to create "a uranium system with enriched uranium and light water to generate energy in the technically acceptable amount" was studied in Laboratory "V". At the beginning of 1947 A.I. Leypunsky who was a supervisor of scientific work performed in Laboratory "V" entrusted the Laboratory "to investigate the problems related to model experiments in uranium reactors with beryllium as a moderator."

Based on the work performed the following types of power reactors included in the planned studies were determined by the end of 1947:

— "the facility with helium coolant and enriched uranium with the capacity up to 500 thousand kW" — Laboratory No.2;

— "the facility with gas coolant and natural or low-enriched uranium with the capacity up to 200 thousand kW" - Institute for Physical Problems (IFP) of the USSR Academy of Sciences;

— "the facility with water coolant and low-enriched uranium with the capacity up to 300 thousand kW" — Laboratory No.2;

— "the facility with thorium, enriched uranium and heavy water" — Laboratory No.3;

— "the facility with enriched uranium, beryllium moderator and gas coolant with the capacity up to 500 thousand kW" — Laboratory "V".

The design, research and development institutions were involved in this work. They formed the basis for further cooperation in the solution of nuclear power problems (R&D Institute for Chemical Engineering — NIIKHIMMASH, State Special Design Institute — GSPI-11, All-Union Institute of Aircraft Materials — VIAM, All-Russian Thermal Engineering Institute - VTI, Experimental Design Bureau "Hydropress" — OKB "Hydropress", Central Boiler and Turbine Institute — TsKTI, State Institute of Applied Chemistry — GIPKh, Central Institute for Aerodynamics and Hydrodynamics — TsAGI, Institute of Physical Chemistry — IFKh, Institute of Physics and Chemistry — FKhI and Power Engineering Institute — ENIN).<sup>10</sup>

According to S.M. Feinberg's recollection, in 1948—1949 Laboratory No.2 "investigated new types of nuclear boilers meant for nuclear fuel production from inactive elements (uranium-238 and thorium-232) or for engines," but as he pointed out "until recent times more immediate tasks prevailed." Indeed, before testing the first nuclear bomb the work not directly related to this issue was developing very slowly in the leading institutions. So, by the end of 1949, the design documentation had been prepared for only two power systems developed by the IFP and Laboratory "V", out of five planned to be designed in 1947.

Right after nuclear bomb testing, A.I. Leypunsky and S.M. Feinberg applied to the PGU on the issue of creation of power reactors.

A.I. Leypunsky emphasized the necessity "to extend the work on various power systems in order to compare and choose the most efficient ways" and proposed this question be discussed at the STC meeting with the aim to work out a long-term program. He thought it possible to start work on fast and intermediate reactors at Laboratory "V"<sup>11</sup>.

In his position paper "Atomic Energy for Industrial Purposes" (November 4, 1949) S.M. Feinberg analyzed different options of using "nuclear engines" and came to the conclusion that at that time it was economically inexpedient<sup>12</sup> to construct nuclear power plants, so electricity generation by plutonium-production reactors had to be envisaged. Among the immediate tasks he indicated there was "development of nuclear engine design" for submarines, development of "nuclear engine designs for aviation", "if the issue of fuel cost was put on the back burner," as he put it.

Of great importance for further development of work was S.M. Feinberg's proposal about the creation of experimental facility for "testing materials, studying nuclear data and refinement of the main components in nuclear engines design," i. e. the first experimental base of nuclear power<sup>13</sup>. (Evidently the design of this test reactor developed by S.M. Feinberg, G.N. Kruzhilin and S.A. Skvortsov, was the first project by the USSR LIPAN related to power engineering).

A.I. Leypunsky and S.M. Feinberg insisted on the urgent consideration of design documentation on power reactors prepared by Laboratory "V", IFP and Laboratory of Measuring Instruments (LIPAN).

On November 18, 1949, L.P. Beriya, the Chairman of the Special Committee entrusted the PGU to work out the proposals on "the possibility to develop the designs of power systems and engines based on nuclear energy."

On November 29, 1949, the PGU STC considered the first power reactor designs prepared in the USSR:

— pilot reactor "L" of 10 thousand kW power with enriched uranium, beryllium moderator and helium coolant — Laboratory "V", GSPI-11;

— pilot reactor "Sharik" of 10 thousand kW power with low enriched uranium, graphite moderator and helium coolant — IFP, OKB "Hydropress".

After the analysis of expert conclusions and discussions, the STC recommended the "Sharik" reactor design for immediate construction and made the decision to go on with the studies on beryllium reactor "L" with postponing the beginning of its construction<sup>14</sup>.

The second important decision of this meeting was as follows: Laboratory "V" was designated as the base for construction of pilot power facilities with integration of some of their systems. The objective of these facilities was also determined

unambiguously: "to investigate the issues of their application, first of all, as engines for big ships and submarines."

Then, on the very same day, another and not very clear in terms of its reasons event happened. After the STC meeting one more meeting was held with the restricted number of people present there (I.V. Kurchatov, A.P. Aleksandrov, N.A. Dollezhal, B.S. Pozdnyakov). They discussed N.A. Dollezhal's presentation called "On Graphite Reactor Designs".

The question concerned the investigation, assigned by A.P. Aleksandrov (IFP Director at that time), on the preliminary design of a power reactor with uranium of 4.5% enrichment (about 1 ton), natural uranium (15-20 tons) and thorium (10-20 tons).

The meeting recommended to include into the plan for 1950 the design of the AV reactor "with the simultaneous use of heat for electricity generation and plutonium production" and the design of "a small-size reactor with enriched uranium for energy production only, with total thermal power of 300 units and effective power of about 50 units", with graphite and water coolant. (That was the first mentioning of reactor "AM", i.e. that of the would-be First NPP; in the known documents there was no information concerning the existence of any design documents of the AM reactor). The instructions were also given to urgently perform physical calculations and experimental studies on these reactors.

It seems to be acknowledged that under those conditions that "forced" decision, whatever was the cause, became the optimum and most realistic, it made it possible to use the available resources and experience to the utmost and opened the fastest way to achieve the goal. Later I.V. Kurchatov and A.P. Zavenyagin explained the choice of the AM reactor for immediate construction by the fact that "this reactor had incorporated to the most extent the experience of usual boilers' practice: the general relative simplicity of the facility made its construction easier and cheaper."

In their position paper prepared by order of L.P. Beriya in December 1949, I.V. Kurchatov and B.S. Pozdnyakov analyzed in detail the problems related to the creation of nuclear power plants. They found it necessary to perform research and development work in their justification, but both they and the PGU recognized the immediate tasks to arrange the two-purpose use of plutonium-production reactors ("heat from Pu-producing boilers for electricity production") and to de-

sign "nuclear reactors for sea vessels and submarines, for aircrafts and rocket missiles."

At the end of 1949 - early in 1950, the LIPAN physical calculations and other studies were performed under the supervision of I.V. Kurchatov and at the NIIKHIMMASH the preliminary design of "a ship reactor" was developed under the leadership of N.A. Dollezhal.

A "ship reactor" was "a high power density reactor with enriched uranium as applied to the ship power system with steam turbine capacity of about 25 000 kW", with graphite and water coolant.

On February 11, 1950, at the meeting held by B.L. Vannikov, Head of the PGU, "the ship reactor" design was recognized as the initial one and the decision was made in support of this project to construct at the Laboratory "V" site "a pilot semi-commercial plant (AM plant) of 30 thousand kW thermal power and 5 thousand kW electric power, with 300 kg of 3-5% enrichment uranium, graphite moderator and water coolant."

The participants of the meeting considered that this decision was justified by the limited "resources of fissile materials" and by the fact that the most important task of the first period was "the fundamental confirmation (at pilot plants) of practical feasibility to convert NPP nuclear reactor heat into mechanical and electric energy."

So the power component of "a ship reactor" was singled out as an individual pilot AM plant.

On March 28, 1950, in the PGU proposals on the work plan for 1950 on the use of nuclear power in national economy (the proposals were signed by A.P. Zavenyagin and B.S. Pozdnyakov) there was a direction, marked by a separate paragraph, under the title "Use of nuclear reaction heat for electricity production and power facilities of ships and aircrafts", which envisaged the development of the AM facility basic design ("The preliminary design of this facility had been developed. The facility was planned to be constructed at Institute "V"<sup>15)</sup> with a turbine of 5 000 kW in order to test its design characteristics and operation reliability. According to this sample it would be possible to put into action boilers for submarines of the same or higher power.")

On May 16, 1950, the Work Plan on the creation at the Laboratory "V" site of pilot power plant V-10 with three reactors (with enriched uranium-235) was approved by the Enactment of the Council of Ministers of the USSR. They were as follows: "the uranium-graphite reactor with water coolant (facility AM), the uranium-graphite reactor with helium coolant (facility ShG) and the uranium-

beryllium reactor with gas or liquid metal coolant (facility VT)." On July 29, 1950, by another Enactment of the Council of Ministers of the USSR, N.A. Dollezhal was appointed "Head of Work on the Development of a New Type of Atomic Power Plants," D.I. Blokhintsev — his Deputy for Physical Issues, and B.M. Sholkovich — his Deputy for Engineering Issues.

By that time the concept of the project had taken shape, and in the PGU memorandum dated June 30, 1950, to the address of the Special Committee Chairman, L.P. Beriya, it was stated that at Laboratory "V" the steam turbine power plant would be constructed; it would be operated

by heat from ... pilot nuclear power facilities." And as the AM facility design, based on the experience of uranium-graphite reactors creation, was the most developed among "pilot facilities", exactly this facility was chosen as the NPP reactor.

As the thematic scope of work on the use of nuclear energy expanded, the importance of this project implementation also grew: "By putting into operation the AM facility, the main crucial problem should be solved: conversion of nuclear energy released in the process of a nuclear chain reaction into mechanical and electric energy," stated the PGU Heads in the letter addressed to the Special Committee in August 1952.

### PROJECT IMPLEMENTATION

In June 1951, by the Enactment of the Council of Ministers of the USSR, the Heads of Laboratory "V", D.I. Blokhintsev (scientific supervision) and P.I. Zakharov\* (construction), were appointed persons in charge of the NPP construction. At that time the Laboratory of Measuring Instruments (LIPAN) handed over all the AM design documentation to Laboratory "V". As a result, since that time Laboratory "V" had become both a customer and a scientific supervisor of all future developments on the World's First NPP project. The R&D Institute for Chemical Engineering, NIIKHIMMASH (N.A. Dollezhal), remained the reactor General Designer, the NPP general project development was continued by Leningrad State Special Design Institute, GSPI-11, under the supervision of A.I. Gutov, and the steam generators were designed by the Experimental Design Bureau, OKB "Hydropress", led by B.M. Sholkovich.

However, as Blokhintsev wrote 20 years later, "the principle structure of a nuclear power plant is quite simple. One can say that it is not more sophisticated than that of a samovar, the only difference being the fact that uranium "burns" there instead of coal, and steam goes to a turbine", "this apparent simplicity is rather delusive: the nuclear reactor, in which uranium fission occurs, is a place where a great number of complicated and at times "dark" processes arise which without proper consideration can turn the most exciting project into a blank piece of paper... At first, everything seemed to be very simple, but soon we found out that the project was only in the stage of the first clarity. Great work had to be done. The number of problems, which were to be solved, increased as the work on the reactor expanded."<sup>16)</sup>

These words of D.I. Blokhintsev referred to the failed hopes of using the available engineering solutions realized in the design of the first

---

\* *Zakharov Pyotr Ivanovich* (1907—1965) was a civil engineer, a colonel-engineer. He graduated from Dnepropetrovsk Civil Engineering Institute (1933). He worked at several places and held the following posts: since 1933 — Head of the Construction Department and Deputy Chief Engineer at the construction site of Luhansk Locomotive Works, since 1934 — Chief of the Production and Technical Department and Deputy Chief Engineer in the Military Construction Department of Kiev Military Command; since 1938 — an Instructor, since 1939 — Head of the Industrial Division, in 1941 — Secretary of the Central Committee of the Ukrainian Communist Party for Construction, since 1942 — Commissary of the Engineering Command of Stalingrad and, later, Don fronts, from February to November 1943, — Deputy Head of the Metallurgic Department of the Central Committee of the All-Union Communist Party of Bolsheviks (TsK VKP(b)) (Moscow), since 1943 — Deputy Secretary of the Central Committee of the Ukrainian Communist Party, since 1944 — Deputy Ministry for Residential Construction and Civil Engineering Department in the Ukrainian Soviet Socialist Republic (USSR), since 1945 — Head of Business Organizations "Khreshchatyktroi", since July 1946, — Deputy Head of "Chelyabmetallurgstroy" trust at the construction site of Group of Plutonium Enterprises No 817 (PO "Mayak", Chelyabinsk-40); since June 24, 1947, — Head of the "V" facility construction and Laboratory "V", in 1950—1953 — First Deputy Director of Laboratory "V". In August 1953 P.I. Zakharov was appointed Head of the Construction Department in the city of Dubna. In 1956 P.I. Zakharov was awarded the Order of Lenin for his contribution to the First NPP construction.

uranium-graphite commercial reactor which was commissioned in the summer of 1948 at Combine No. 817. The design of the future reactor was outlined in the physical note issued by LIPAN in the end of 1950. The previous experience allowed to use the developed technologies of obtaining pure graphite and uranium, as well as the results of monitoring and control systems development. However, the design data of the reactor AM, received by Laboratory "V" in June of 1951, lacked engineering solutions of a large number of fundamental issues, concerning, in particular, fuel elements. That is why the final design of the NPP differed from the original one, and the major part of its development was carried out by Laboratory "V".

In the beginning of 1952, having analyzed the documents received from LIPAN, D.I. Blokhintsev initiates in Laboratory "V" a new campaign of analytical studies into the entire range of the reactor physical parameters: uranium enrichment, critical loading, core lifetime, control rods worth, reactivity effects, comparative worth of the reflector and moderator made of graphite and beryllium, the activity of gases released through the ventilation system, coolant activity, heat release in the graphite stack, etc. The most challenging task was the evaluation of the worth of water in the fuel channels and in the channels of the reactor control and safety system, as well as the water penetrating to the graphite stack in case of the fuel channel tube rupture<sup>17)</sup>.

The Theoretical Department of Laboratory "V", headed by D.I. Blokhintsev, studied individual, "most complicated issues of the theory of thermal reactors". The main physical calculations for the NPP reactor were carried out in the department of A.K. Krasin (Deputy Scientific Supervisor of the NPP construction, who coordinated the experimental and analytical studies) by the group of M.E. Minashin. The main goals of these calculations were to determine and select

the physical characteristics of the reactor, to determine its necessary fuelling, to study reactor behavior in emergency etc. Analysis of an accident with a loss of integrity of a fuel channel tube and water inflow from the channel to the graphite stack of the reactor pointed out the possibility of uncontrollable power increase of the reactor with subsequent destruction. The refinement of analytical studies of this emergency and the development of corrective measures was carried out with the participation of I.V. Kurchatov right until the reactor start-up. The worst assumptions were not confirmed.

The main concept of the AM reactor design lied in the use of a tubular fuel element in which water necessary for heat removal flows inside the tube while uranium is located outside and should have a reliable thermal contact with a tube's wall. The development of such a fuel element (as it was also admitted by the General Designer of the AM facility, N.A. Dollezhal<sup>18)</sup>) was the most difficult task. By the start of the design work, the method of the manufacturing of tubular fuel elements was unknown. Repeated attempts of a number of institutes (LIPAN, NII-9, and NII-13)<sup>19)</sup> to manufacture pilot specimens capable of withstanding design thermal loads with temperature cycling ended in failure. As a result, the technologists of Laboratory "V" headed by V.A. Malykh\* had to intervene in this work. At the end of 1952, they developed a fuel element and its design admitted multiple thermal cycles and withstood loads more than three times larger than the design values.

The World's First NPP construction began in September 1951. The development of the basic designs of the main systems and structures of the NPP components including the reactor was almost finished by 1953. However, there was no time for in-depth development of the structures and specification of operating modes, analyses of accidents, testing of new equipment (these things often reveal unsolved problems and

\* *Malykh Vladimir Aleksandrovich* (1923—1973) was a mechanical designer and technologist, Doctor of Technical Sciences (1956), Professor (1965). Since 1946 he had studied at Moscow State University (MSU), the Faculty of Physics, and at the same time worked in the MSU Research Institute for Physics. In 1949, not having finished his training, he began to work at Laboratory "V", in 1953 he was appointed Head of the Scientific Division, since 1962 - Head of the Process Engineering Sector and also the IPPE Deputy Director for Research. In 1970-1973 he worked at the All-Union Scientific Research Institute for Technical Information, Classification and Codification (Moscow). He suggested the design of a fuel element for the AM reactor of the World's First NPP and he was in charge of its development. He was a designer and technologist of fuel elements for reactors of nuclear submarines with heavy liquid lead-bismuth coolant, fuel elements for space nuclear power units BOUK and TOPAZ with sodium-potassium coolant. He was honoured with the title of "Hero of Socialist Labour" and awarded the following Orders and Prizes: Order of Lenin (1956, 1966), Order of the Red Banner of Labour (1962) and Lenin Prize (1957). A memorial tablet was set up at the IPPE in his honour.

sometimes demand a review of technical decisions made before) because of Enactment of the Council of Ministers of the USSR No.204-125 dated January 9, 1953, about the AM facility start-up in the third quarter of 1953. This term turned to be unreal due to the work progress: installation work at the AM facility started in October, 1953. On the whole, as it was noticed by the participants of work, year 1953 was especially challenging for all the designers, construction workers and installation staff.<sup>20)</sup>

In September, 1953, the staff of the nuclear plant started to form. At this time the NPP Director N.A. Nikolaev\* and the NPP Chief Engineer A.N. Grigoryants\*\* were selected and appointed. The transfer of experienced specialists from other Institutes and industry enterprises to Laboratory "V" was of great importance. Thus, B.G. Dubovsky\*\*\* arrived from LIPAN, first Head of NPP N.A. Nikolaev, Shift Supervisor G.N. Ushakov and Service Supervisors I. Morozov, A. Popov, P. Zabelin and others — from Combine No. 817.

The PGU leaders, experienced scientists and experts from other institutions and organizations were of great assistance to Laboratory "V" in constructing the First NPP. As M.E. Minashin recalled, E.P. Slavsky had almost constantly been

at the NPP since the start of the equipment installation. Also, the NPP was visited by I.V. Kurchatov, A.P. Aleksandrov, the Chief Designer of the reactor N.A. Dollezhal and his closest assistant P.I. Aleshenkov. In fact, Slavsky took charge of the installation work, Kurchatov was more engaged with reactor physics, Aleksandrov supplemented Kurchatov in the field of engineering and production, and N.A. Dollezhal had clear understanding of how to proceed with designing and constructing the future units of new reactors of the First NPP type with tubular fuel elements<sup>21)</sup>.

Of course, the role of Kurchatov, who carried out general scientific supervision of the Soviet Atomic Project, was far more important and sometimes decisive. Suffice it to recall the episode from the memoirs of D.I. Blokhintsev, when I.V. Kurchatov saved the Project from closure.

D.I. Blokhintsev himself, as the Scientific Supervisor of the project, was not only engaged in the physical aspects of the reactor construction, but also studied the issues of fuel elements creation and all the engineering problems. As his co-workers recall, D.I. Blokhintsev's working day lasted not less than 15 hours and he hardly ever had days-off<sup>22)</sup>.

The design of the First NPP was developed with minimum experimental work, so the de-

\* *Nikolaev Nikolai Andreevich* (1912—1968), thermal engineer. Graduated from Kuibyshev Industrial Institute (1937). Since 1937 worked as cogeneration plant engineer at a petroleum refinery in Ufa. Since 1949 was the Director of Kemerovo state district power plant (GRES). He came to the nuclear industry in 1951, becoming the Deputy Director, and later the Director of the commercial reactor AV-1 at the plutonium plant No. 817 (Chelyabinsk-40). In 1954—1955 was the Head of Building 102 (First NPP) of Laboratory "V". Since 1956 was the Deputy Head and later the Head of the Directorate of Power Plants, since 1962 — the Head of the Directorate of Transport Units, from 1965 to 1968 — the Head of the Directorate of Nuclear Power Plants of the Ministry of Medium Machine Building of the USSR. In 1956 and 1959, was awarded the Order of Lenin.

\*\* *Grigoryants Artyom Nikolaevich* (1916—2002), physicist, Candidate of Technical Sciences (1957). Graduated from Moscow State University. Since 1951 was the Head of the laboratory, since September 15, 1953 — the Chief Engineer of Building 102 (the First NPP), since June 10, 1955 — the Head and Chief Engineer of the First NPP. On January 1, 1958 was transferred from Laboratory "V" "on account of appointment to the position of the Head of the Power Plants Department of the Directorate of Nuclear Power Plants of the Ministry". In 1956 was awarded the Red Banner of Lenin. A.N. Grigoryants died on April 29, on the day of the First NPP reactor shutdown.

\*\*\* *Dubovsky Boris Grigorievich* (1919—2008) — physicist, Doctor of Technical Sciences (1966), Professor (1975). Graduated from Kharkov University (1940). Since 1940 — postgraduate student of UFTI (Ukrainian Physical Technical Institute, Kharkov), since 1941 served in Acting Army. In 1944, after an injury, was accepted in Laboratory No.2, from 1953 to 1991 worked in IPPE (in 1958-1977 was the Head of the Department responsible for the nuclear safety of the USSR nuclear industry enterprises). Took part in the construction and start-up (December 25, 1946) of the first nuclear reactor in USSR, F-1, built in Laboratory No.2, first plutonium production reactor "A" (since 1952 was the Operations Scientific Supervisor) in Combine 817 (now Production Association "Mayak", Ozersk), was in charge of the First NPP reactor's first criticality (1954), the first criticality of two units of Beloyarsk NPP (1st phase, 1963—1967). Was the Chairman of the section of the Scientific and Technical Council of the Nuclear Safety industry, participated in the development of the technology of safe operation of uranium-graphite reactors. Was awarded the following orders: Lenin (1949), Great Patriotic War (1944, 1946), Red Banner of Labor (1962), Badge of Honor (1956), Stalin Prizes (1949, 1951).

signers came up with a proposal of creating an experimental facility.

This facility was a critical assembly of the AM reactor core containing graphite, uranium and water with tubular fuel elements. Later it was named the "Physical Facility AMF". This facility was assembled in the main building of the Institute right underneath the office of the Director, D.I. Blokhintsev. The main goal of the facility was acquisition of experimental data allowing to verify the methods of calculation and choice of parameters. The AMF reached criticality on March 3, 1954, allowing to carry out a uranium fission chain reaction for the first time in Obninsk. The conducted experiments showed there would be no serious mistakes, at least at the start of the NPP operation. The construction and start-up of the facility was the result of the work of A.K. Krasin, B.G. Dubovsky, M.E. Minashin, G.N. Ushakov, and others.

By March 1954 the first set of fuel elements for the AM reactor had been ready; they were fabricated at the Machine-Building Plant in Elektrostal. The NPP system was mantled and on May 5 the process of reactor fuel loading started.

On May 6, 1954, the Duty Scientific Supervisors (A.K. Krasin, B.G. Dubovsky and M.E. Minashin) and their assistants (V.A. Kononov, E.I. Inyutin, M.N. Lantsov and A.V. Kamayev)\* were nominated by the Order of the Di-

rector of Laboratory "V" as responsible for the start-up work. Even earlier, in compliance with the NPP Director's Order, duty shifts had been approved and their supervisors (Yu.V. Arkhangel'sky, B.B. Baturov, V.A. Remizov and G.N. Ushakov)\*\* had been nominated.

On May 9 at 7 past 7 pm, when 60 $\frac{1}{4}$  fuel channels had been loaded, the reactor achieved criticality and then was loaded with a complete number of channels (128). On June 26, 1954 the generated steam was supplied to the turbine, and on June 27 the World's First NPP generator was connected to the Unified Energy System of the country. Its capacity reached 1.5 MW. In October 1954, the NPP was brought to the design parameters.

The First NPP was a single-reactor unit with the core height of 1.7 m, diameter of 1.5 m, full uranium loading of 560 kg, uranium enrichment of 5%, electric power of 5000 kW and thermal power of 30000 kW. The operation of the first NPP was highly automated, and the plant was working in automatic control mode. In the secondary circuit of the reactor the superheated steam (12.5 atm, 260 °C) was generated. The steam was supplied to the turbine-generator<sup>23)</sup>. That was the first industrial experience in converting the uranium nuclear fission energy into electric energy through a steam-turbine cycle.<sup>24)</sup>

\* *Vladimir Andreyevich Kononov* (1923–2007), engineer-physicist, Candidate of Technical Sciences (1969). He graduated from Moscow Mechanical Institute (1953). In 1941–1947 he served in the army. In 1953–1987 he worked at the IPPE (since 1961 as Head of Laboratory). He participated in the First NPP commissioning and operation, in analytical and experimental studies of a nuclear jet engine (NJE) test-bed prototype neutron characteristics for spacecraft; then he became Scientific Supervisor of development of NJE and its ground-based prototype called IRGIT, which was subject to ballistic testing at Semipalatinsk Test Site.

*Evgeniy Ivanovich Inyutin* (1929–1991), engineer-physicist, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (1963). He graduated from Moscow State University (1952). In 1953–1970 and in 1976–1991 he worked at the IPPE (in 1979–1990 as the Head of Laboratory). In the period from 1970 to 1976, he was Scientific Secretary of the IAEA Fast Reactor Working Group, a Councillor of the USSR Ministry of Foreign Affairs (MFA) Office in Vienna. He participated in the First NPP neutronics studies, in the start-up work of transportable TES-3 NPP and in the studies of reactors of different types, including fast neutron reactors.

*Mikhail Nikitovich Lantsov* (1925–1995), engineer-physicist, Candidate of Technical Sciences (1964). He graduated from Moscow Mechanical Institute (1951). In 1951–1995 he worked at the IPPE (since 1958 as Senior Researcher, in 1970–1987 as Head of Laboratory). He participated in the studies of First NPP reactor physics, small size transportable reactors and in the experimental work carried out to justify ABV-1.5 reactor physical parameters. He took part in the work at the stage of reaching first criticality of BR-10 and BN-600 reactors.

*Alfred Vasilyevich Kamayev* (1929–1997), engineer-physicist, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (1967). He graduated from Leningrad Polytechnic Institute (LPI) (1953). In 1953 he started to work at the IPPE, first, as Senior Laboratory Technician, then, Junior Researcher, Senior Researcher; in 1969 he became Secretary of the Soviet Union Communist Party (CPSU) Committee at the IPPE, in 1983 First Secretary of CPSU Obninsk City Committee. In 1990–1997 he was Senior Researcher at the IPPE. His main work was performed in the area of nuclear safety of physical facilities, NPPs and industrial facilities. He directly participated in the start-up of the First NPP and two reactor units of Beloyarsk NPP (Phase 1, 1963–1967). During his last years he was involved in the analysis of nuclear science and technology status.

For their participation in the First NPP designing, commissioning and assimilation, D.I. Blokhintsev, N.A. Dollezhal, A.K. Krasin, and V.A. Malykh were awarded the Lenin Prize, and a great number of other participants were decorated with Orders and Medals of the USSR.

The presentation made by D.I. Blokhintsev on the First NPP turned to the key presentation at the UN First International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy held in Geneva (1955). It made a tremendous impression on the audience of thousand participants, and though by the Conference Rules it was forbidden to applaud, standing ovation was given to D.I. Blokhintsev when he was saying the final words of his speech.<sup>25)</sup>

\* \* \*

In 1956 the NPP was open to Soviet and foreign delegations. A lot of outstanding politicians, scientists, as well as tens of thousands of ordinary people almost from all the countries in the world visited the First NPP.

Over the first period of operation the NPP was considered as a pilot power plant. The specialists of the first commercial power plants, the crews of the first nuclear-powered submarines and the nuclear-powered icebreaker "Lenin" studied and received training there, as well as the specialists from the German Democratic Republic, Czechoslovakia, China and Romania undertook an internship. However, since 1956 the goal of the plant had been gradually changing. An experience in development, construction and operation of the

First NPP facilitated a more distinct determination of tasks for the near future on the use of nuclear reactors both in power engineering and other industrial application. It was decided that the reactor would be used primarily as a neutron source for scientific research, in particular the research required for the development of higher-capacity NPPs. One of the principal reasons for such decision was an extremely limited fleet of specialized research and test reactors that was just under development. That is what Blokhintsev was thinking about as far back as in 1951 when he was writing to the First Chief Directorate (PGU), that "in addition to technological testing the AM facility has to be used for a wide range of physical and material science research".<sup>26)</sup>

For the entire work period 17 loops of various applications were constructed at the AM reactor with the aim to conduct scientific and engineering experiments. Among the studies carried out at these loops the research done in justification of reactor facilities for the first construction stage of Beloyarsk NPP (reactors AMB-1 and AMB-2) and Bilibino Nuclear Cogeneration Plant (reactor EGP-6) must be primarily noted. Individual elements of RBMK reactors of Leningrad, Kursk, Smolensk, Chernobyl and Ignalina NPPs were tested at the AM. Therefore the reactor of the World First NPP became a pioneer of the uranium-graphite channel type reactors.

In 1962 a loop-type thermionic energy conversion unit was put into operation at the AM reactor. This is the unit where nuclear energy was directly converted to electricity for the first time

<sup>25)</sup> *Yuri Vasilyevich Arkhangelsky* (1924), power engineer. He graduated from Moscow Power Engineering Institute (MEI) (1951). Since 1951, he was Junior Researcher, since September 15, 1953, he was Shift Supervisor in Building 102 (First NPP), and since 1955, he was Head of the First NPP Physical Laboratory; in 1956 he was transferred to the Chief Directorate on Peaceful Use of Nuclear Power, the USSR Council of Ministers.

*Boris Borisovich Baturov* (1928), engineer-physicist. He graduated from Moscow Mechanical Institute (1952). Since 1952, he worked as a Facility Engineer, since September 15, 1953, he was Shift Supervisor in Building 102 (First NPP), and since 1955, he was Head of the Test Loop at the AM reactor; in 1956 he was transferred to the Chief Directorate on Peaceful Use of Nuclear Power, the USSR Council of Ministers.

*Vladimir Andreyevich Remezov* (1925), process engineer. He graduated from MEI (1948), then, worked at the State Chemical Plant named after D.I. Mendeleev (Leningrad); since December 24, 1953, he was Shift Supervisor in Building 102 (First NPP), and in the period from 1956 to 1958, he was Shift Supervisor of Building 150, Laboratory "V".

*Georgy Nikolayevich Ushakov* (1918), process engineer. Graduated from Moscow Aviation Technological Institute (1945), Gorky Industrial Institute (1947), Candidate of Technical Sciences (1961). In 1941-1944 he worked at Aviation Plant No 21 (Gorky) as Technologist and then, as Head of Engineering Department. Since 1947, he worked as an engineer and then, Shift Supervisor at Combine No 817 (Chelyabinsk-40). Since 1953, he was Senior Researcher, since April 01, 1954, he worked as Shift Supervisor; on June 20, 1955, he became Deputy Chief Engineer, since April 09, 1956, he was Chief Engineer, and in the period from 1958 to 1968, he was First NPP Director. In 1968 he was transferred to the USSR Ministry of Power and Electrical Industry. Was awarded the Red Banner of Labor (1956) and the Order of Lenin (1962).

in the USSR. The results obtained at the loop were used in designing and commissioning (1970) of the world's first converter reactor TOPAZ for space nuclear power systems.

In addition to loop tests the behavior of a number of reactor materials in radiation fields was studied in the AM reactor. Among other things the research was done into solid-state physics in the reactor neutron beams. In the 1990s a production of artificial radionuclide molybdenum was arranged at the AM reactor that for a long-term period made the IPPE the principal manufacturer and supplier of technetium-99 generators, applied in medicine for diagnostics of oncological diseases.

The First NPP was shut down on April 29, 2002. An almost 50-year period of efficient operation of the AM reactor on power confirmed the validity of original decisions.

The NPP is currently involved in the activities on establishing the Russia's first Memorial Nuclear Power Museum at the premises of the NPP where operation goes on in the final shutdown mode. Therefore the First NPP with its major contribution to the world civilization consisting in the fact that it gave rise to the peaceful uses of atomic energy and was instrumental in changing the approach of people to the nuclear problem goes on with its service now in its new capacity.

<sup>1)</sup> In the course of the article and comments preparation the use was made of the documentary materials of the following publications: To the history of peaceful uses of atomic energy in the USSR. 1944-1951. (Documents and Materials) / Minatom of Russia. SSC RF - IPPE; editor in chief. V.A. Sidorenko; compilers L.I. Kudinova, A.V. Shchegelsky. — Obninsk: SSC RF - IPPE, 1994; USSR Atomic Project: Documents and Materials. / Edited under the direction of L.D. Ryabev V. I. 1938-1945. Part 1 / Compilers L.I. Kudinova, G.S. Sinitsyna, N.M. Osipova M.: Nauka. Fizmatlit, 1998; USSR Atomic Project: Documents and Materials. / Edited under the direction of L.D. Ryabev V. I. 1938-1945. Part 2. / Compilers L.I. Kudinova, Yu.V. Frolov - M.: MFTI Publishers, 2002; USSR Atomic Project: Documents and Materials: In 3 volumes. / Edited under the direction of L.D. Ryabev V. II. Nuclear Bomb 1945-1954. Book 5 / Compilers G.A. Goncharov, P.P. Maksimenko. — Sarov: RFNC - VNIIEF — M.: Fizmatlit, 2005; USSR Atomic Project: Documents and Materials: In 3 volumes / Edited under the direction of L.D. Ryabev V. II. Nuclear Bomb 1945-1954. Book 6 / Compilers G.A. Goncharov, P.P. Maksimenko. — Sarov: RFNC - VNIIEF — M.: Fizmatlit, 2006.

<sup>2)</sup> The Special Committee (Spetskomitet) - was established by the Enactment of the State Defense Committee (KGB) dated 20.08.1945 No. 9887 at USSR SDC, since 04.09.1945 — at the Council of People's Commissars, since March 1946 — at the Council of Ministers of the USSR. In 1945—1953 the Special Committee was the principal authority that enjoyed the command authority on all key issues of the development of nuclear industry and bomb, and their funding. The Special Committee was functioning as a collegial body.

<sup>3)</sup> The First Chief Directorate (PGU) at the Council of People's Commissars (later — Council of Ministers of the USSR; CM) was established by the Enactment of the State Defense Committee dated 20.08.1945 No. 9887 as an authority for direct operational supervision of the scientific research, design and development organizations and production enterprises on the use of intra-atomic energy of uranium and nuclear weapon development. PGU reported to the Special Committee and did not enjoy the right to independently report to the USSR CM. In 1953 the Ministry of Medium Machine Building of the USSR was established on the basis of PGU.

<sup>4)</sup> Hereinafter the consideration is given to the activities on reactors initially designed for power generation.

<sup>5)</sup> Laboratory No. 2 of the Academy of Sciences of the USSR (a "Special Laboratory of Atomic Nucleus of the Academy of Sciences of the USSR") was established at the Direction of the State Defense Committee (KGB) of 28.09.1942 No. 2352 aimed at the study of capabilities "to create a uranium bomb or uranium fuel" as part of the Leningrad Institute of Physics and Technology in Kazan (in evacuation), by the Enactment of the USSR KGB dated 11.02.1943 No. 2872 was transferred to Moscow as the Institute, at the Direction of the Presidium of the Academy of Sciences of the USSR dated 04.04.1949 No. 386 was renamed to the USSR AS Laboratory of Measuring Instruments (LIPAN); at the Direction of the USSR CM dated 10.11.1956 No. 6664 - to Institute of Atomic Energy of the USSR AS, since 1960 named after I.V. Kurchatov; since 1992 NRC - "Kurchatov Institute", currently forming part of the National Research Center "Kurchatov Institute", incorporating four research institutes. Since 1945 had actually been within the PGU system, later within the Ministry of Medium Machine Building.

<sup>6)</sup> Laboratory No 3 was established in 1945 in Moscow in the PGU system, since 1949 - Laboratory of Heat Engineering of the USSR Academy of Sciences, since 1958 - Institute of Theoretical and Experimental Physics

(ITEPh); currently it is a part of NIC "Kurchatov Institute". The USSR first heavy-water reactor was constructed there (1949).

<sup>7)</sup> It should be taken into account that beginning from 1943, there proceeded design development of commercial reactors producing material for bomb. Creation of the first reactor F-1 and the work on heavy water reactor, etc., were associated with this issue; in the course of these activities, R&D work was carried out, which was important for design development of power reactors. In addition to the development of physical calculation methods there were studies of heat transfer in reactors "with the objective of maximal energy removal" (TsKTI, ENIN), investigation of mechanical and thermal properties of graphite at different temperatures" (VIAM), etc. However, because of the strict secrecy regime, much of the data obtained at that time were not available for the power reactor designers.

<sup>8)</sup> Scientific and Technical Council of PGU at the USSR Council of Ministers was established by the Enactment of the USSR Council of Ministers of 09.04.1946 No 803-325 uniting the Technical and the Engineering and Technical Councils of the Special Committee (Spezkomitet). The STC of PGU was charged with review of scientific and engineering and technical issues in the area of using the atomic energy.

<sup>9)</sup> Laboratory "V" (Institute "V") was established by the Enactment of the USSR Council of Ministers of 19.12.1945 No 3117-937 for the organization of activities of a group of German scientists and specialists headed by Professor H. Pose. It was a part of the 9-th Directorate of NKVD (MVD) of the USSR, from 1949 - of the PGU. Since 1960 - Institute for Physics and Power Engineering, currently - Federal State Unitary Enterprise (FSUE) "State Scientific Centre of the Russian Federation - "Institute for Physics and Power Engineering named after A.I. Leypunsky" in Obninsk.

<sup>10)</sup> *NIKHIMMASH* - Research Institute for Chemical Engineering (Moscow); GSPI-11 - State Special Design Institute No 11 (Leningrad); VIAM - All-Union Institute for Aircraft Materials (Moscow); GIPKh - State Institute for Applied Chemistry (Leningrad); TsAGI - Central Aerohydrodynamic Institute (Moscow); IPhKh - Institute for Physical Chemistry (Moscow); PhKhI - Physical and Chemical Institute named after L.Ya. Karpov (Moscow); ENIN - Energy Institute named after G.M. Krzhizhanovsky (Moscow).

<sup>11)</sup> This letter of A.I. Leypunsky of October 31, 1949, was prepared at Laboratory "V" and signed also by the staff members of PGU D.I. Blokhintsev and A.D. Zverev.

<sup>12)</sup> It should be noted that in several documents of that time one can find references to the advantages of nuclear energy vs. other kinds of energy, to the perspectives of its use, which deceived some of the authors. We cannot regard these arguments as significant issues for the organization of R&D work on power reactors in 1946-1949. The fact that construction of nuclear power plant in our country would be economically non-justified, was obvious for those who were aware of the matter essentials: deficient resources of uranium, non-preparedness of the technologies, cost-intensiveness of many work phases, etc. That is why the first variants developed for the power reactors were in one way or other associated with the defense programme (build-up of the bomb-usable material, application for marine or air forces).

<sup>13)</sup> The project of "experimental physical facility "Malyutka" (Baby) is meant (later it was the MR reactor) approved by the PGU STC on the 3-rd of October, 1949; it was constructed in accordance with the Enactment of the USSR Council of Ministers of April 6, 1950.

<sup>14)</sup> Design of reactor "Sharik" (Ball), ShG (ball-shaped, gas cooled) was not brought to reality. Reactor "L" (later termed VT) became the experimental base for creating the nuclear power facilities with liquid metal coolant for nuclear submarines.

<sup>15)</sup> As in the document, Laboratory "V" is meant.

<sup>16)</sup> *Blokhintsev D.I.* The birth of atom for peace // "Izvestia", June 27, 1964.

<sup>17)</sup> *Kotchetkov L.A.* The First NPP in the World and its role in the formation of nuclear power engineering. Manuscript.

<sup>18)</sup> *Dollezhal N.A., Emelyanov I.Ya., Zhirnov A.D., Sirotkin A.P.* The initial era of nuclear power // *Atomnaya Energiya* (Atomic energy). 1984. V. 56, issue 6. P. 347.

<sup>19)</sup> *LIPAN* - see item 5;

*NII-9* - the Institute was founded by the Enactment of State Defence Committee of 08.12.1944 in the system of NKVD of the USSR, in September 1945 it was subordinated to the PGU. It dealt with studies of uranium deposits, development of the methods for uranium ore enrichment, processing thereof, and creation of the technology for production of metal uranium. Further the scope of subjects changed and expanded. Since 1967 the All-Union Research Institute for Inorganic Materials (VNIINM), since 1985 - named after Academician A.A.Bochwar;

*NII-13* - Research Institute No13 of the Ministry of Weapons, then - Ministry for Defense Industry of the USSR (Leningrad). In the frame of the Soviet Nuclear Project it was charged with tasks of carrying out studies on material protection against corrosion; in the work related to AM reactor it was involved in the devel-

opment of technology for fabrication of bimetallic (uranium and steel) fuel elements specimens.

<sup>20)</sup> *Minashin M.E.* The World's First NPP. A year before the start-up // State Scientific Centre of the Russian Federation — Institute for Physics and Power Engineering named after Acad. A.I. Leypunsky — 50-th Anniversary. B.F. Gromov, M.F. Troyanov, eds. — M.: CNIIAtominform, 1996. P. 178.

<sup>21)</sup> Архив ГНЦ РФ - ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 22-25. (FSUE "SSC RF - IPPE" Archive. F. 1, op. 1/s-72, d. 35, sh. 22-25).

<sup>22)</sup> Ibid, p. 26

<sup>23)</sup> *Krasin A.K.* Nuclear power engineering and the ways of its development. — Minsk: Nauka i Tekhnika, 1981. P. 8-11.

<sup>24)</sup> On the 20-th of December, 1951 at the experimental site of Argonne National Laboratory (US), 1.4 MWth fast reactor EBR-1 was started, it was used for the first time for nuclear energy conversion into electricity under laboratory conditions (the EBR-I reactor was under construction since 1949). EBR-1 became the world's first reactor that produced electrical energy — four lamps were lit thereby in the reactor building. This circumstance allows the US contest the USSR's priority in creation of the first NPP. Indeed, then, current was generated for the first time by the EBR-I, and that current was supplied to the consumer, that is, a practical demonstration of the possibility of nuclear energy existence took place. However, it was at the First NPP in Obninsk that the current obtained was delivered to the energy supply system, which was done for the first time in the world. The EBR-1 was in operation till late 1963, after that it was shutdown and decommissioned. On the 25-th of August 1966, the US President L. Johnson included the EBR-1 into the US historic memorials. (URL: <http://www.atominfo.ru/news/air6623.htm> (date of hit: 31.03.2014.)

<sup>25)</sup> *Blokhintsev D.I.* The First NPP Plant // *Voprosy Istorii* (Historic review). 1974. No 6. P. 119.

<sup>26)</sup> Archives of FSUE "SSC RF - IPPE". F. 1, op. 1/s-72, d. 35, sh. 52.

Top secret  
Special file

ORDER

244ss-op

Moscow

June 18, 1951

In execution of the Decree of the Council of Ministers of the USSR dated June 12, 1951 No. 1965-939op on constructing the pilot plant V-10,<sup>1)</sup>

I HEREBY ORDER:

I.

I. Comrades N.I. Pavlov, A.M. Petrosyants, B.S. Pozdnyakov, S.P. Stolyarov, D.I. Blokhintsev, P.I. Zakharov shall acknowledge and give effect to the following:

a) The Chief Directorate shall build on the site of Laboratory "V" a pilot power plant V-10 with <sup>2)</sup>*enriched uranium* with the pilot *uranium-graphite water cooled reactor* (reactor AM) being commissioned in the second quarter of 1952, the pilot *uranium-graphite helium-cooled reactor* (reactor ShG) and the pilot *uranium-beryllium liquid metal cooled reactor* (reactor VT) being commissioned in the second semester of 1952.

b) The detailed drawings for the V-10 plant first production stage shall be completed by October 1, 1951.<sup>3)</sup>

[Instructions:] 1<sup>st</sup> Department is to acquaint comrades D.I. Blokhintsev, A.I. Leypunsky, A.K. Krasin, D.M. Ovechkin. P. Zakharov. June 22 [1951].

Archive of FSUE "SSC RF – IPPE". Copy.

<sup>1)</sup> "Base V-10", "Power Plant V-10" – is a conventional notation of a complex of three pilot power reactors aimed for construction, interconnected by a common heat removal system for electricity production. This denomination has been attached to the first AM reactor after its startup.

<sup>2)</sup> Hereinafter, except Documents 6 and 14, the words in italics represent the text inserted in handwriting. It was used to cipher some terms related to the reactor engineering and fuel compositions. In the English version all the ciphered words are decoded and their actual meaning is given.

<sup>3)</sup> Hereinafter the paragraphs of the Order describing the tasks to be performed by certain Ministries and enterprises are omitted.

January 11, 1952

Top secret  
Special file

To Comrade A.P. Zavenyagin

According to the plan of 1951, the development of *fuel elements* for the AM installation was assigned to NII-13, NII-9 and LIPAN.

In August of 1951, it emerged that the work carried out in these institutions had not led to positive results so far.

Under these circumstances Laboratory V on its own initiative joined the work on the *fuel elements* for the AM.

This job was assigned to the Division of comrade MALYKH (Department of comrade A.K. KRASIN). Comrade MALYKH is the only practical technologist in Laboratory V who has proved his abilities while developing the method of sintering of the *beryllium oxide* and making a *uranium-beryllium alloy*.

The group of comrade V. S. LYASHENKO is permanently and entirely engaged in corrosion studies on "VT" and doesn't include technologists. Therefore, the participation of this group naturally was limited to consultations on metal physics and several corrosion experiments. Foreign specialist Dr. VIRTZ was invited to work on *uranium* electroplated coating, and engineer TIME – for supplementary *graphite* works. All the rest Laboratory "V" employees are either physicists or analytical chemists.

Therefore, since August, 1951, the entire available laboratory "V" workforce (which was not very numerous) had been engaged in extra work, namely: *fuel elements for the AM*.

After lengthy research of the new solutions of the problem, comrade MALYKH came up with an idea of using calcium or magnesium as the bond material.

By September 5, 1951, comrade MALYKH had already provided to NIIKHIMMASH the first specimens of *fuel elements*: steel tube ( $\varnothing 9 \times 0.4$  mm) – calcium or magnesium bond (0.25 mm) – *uranium* tube ( $\varnothing 12.5 \times 1.5$  mm).

These specimens successfully endured the heat flux of  $1.8 \times 10^6$  kcal/m<sup>2</sup>·hr for 100 hours at rig test in NIIKHIMMASH, after which the tests were stopped on account of specimens outer surface oxidation. The oxidation was caused by the major pollution of helium atmosphere with oxygen. As for the bond, it turned out to be quite satisfactory.

By that time (September of 1951) we had made the decision to use the uranium-molybdenum alloy (9%) as it was more resistant to oxidation and, allegedly, to *neutron irradiation*.

After a series of experiments, the Division of comrade MALYKH managed to attain good wettability of the alloy by liquid calcium and magnesium. However, the various at-

tempts to implement a reproducible bond technology by the end of December 1951, still hadn't led to positive results. In the end of December 1951, the system was built which allowed to obtain absolutely reproducible results. As a consequence, on the 4<sup>th</sup> of January, 6 days earlier than the promised date, Laboratory V provided NIIKHIMMASH with the 50 mm specimen of the *fuel element* and a test model 125 mm long.

At the same time, Laboratory V is currently ready to perform your assignment concerning the production of *enriched uranium-molybdenum fuel elements* 10 days after the receipt of the tubes made of this material from NII-9. Among the other types of "AM" *fuel elements* investigated in Laboratory V, the ones made of uranium-magnesium and uranium-calcium ceramics, which are currently at the development stage, seem to have the biggest potential.

To get full understanding of the volume of work performed in Laboratory V in the field of *AM fuel elements* from August 1951, to this date, please refer to the note attached to this letter.<sup>1)</sup>

D. Blokhintsev

January \_\_, 1952

Archive of FSUE "SSC RF – IPPE". Copy.

<sup>1)</sup> The note is not published.

Top Secret  
Special file

ORDER  
OF THE DIRECTOR OF LABORATORY "V",  
MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS (MVD), THE USSR

SUBJECT MATTER: On the Measures to Speed up the Development of a Fuel Element for the AM.

No 0069 ss/op

September 17, 1952

The latest tests of fuel element specimens for the AM apparatus have demonstrated unsatisfactory results. In the course of discussion of this work it was found out that only one version of a fuel element had been taken as a basis, whereas other possible versions had not been considered. Moreover, the dates scheduled for this work are not met. Setting a high value on this work and considering the fact that any further delay in development of a fuel element for the AM threatens the timely solution of the principal technical problem,

I HEREBY ORDER:

1. Comrade V.A. Malykh shall mobilize the entire engineering and technical personnel of the Laboratory with the aim to get positive results on development of the fuel element for the AM.

~~2. Comrade V.A. Malykh shall not be involved in any other activities till the time of fabrication of pilot fuel element specimens and obtaining satisfactory results.<sup>1)</sup>~~

3. By September 20 comrade V.A. Malykh shall submit the schedule of work on the back-up version of a fuel element made of pure *uranium*.

4. By September 19 comrade V.S. Lyashenko shall give his opinion on the *uranium* tubes in terms of their possible use in the experiments.

5. By September 18 comrade V.A. Malykh shall submit technical specifications for the products supplied from plant No 12.

6. By September 18 comrade V.S. Lyashenko shall review the available documents for *enriched* material and submit his opinion on them.

7. By September 17 comrade A.K. Krasin shall leave for NII-9 to speed up the supply of the required *uranium* material.

8. Comrade A.K. Krasin shall speed up the process of clearance for comrades Mitchenkov and Malykh to get the access to plant No 12.

9. By September 20 comrade V.A. Malykh shall submit the schedule of work on the ceramic version made.

10. By September 25 comrade Zh.I. Kozintseva shall be recalled from her leave.

11. By September 20 comrade V.S. Lyashenko shall submit the schedule of work on fabrication of a fuel element of the pin type.

12. By September 19, 1952 comrade A.K. Krasin shall call a meeting to discuss the fuel element technology developed by laboratory No 4 for the "AM".

13. By September 25, 1952 comrade A.K. Krasin shall clarify the situation with further material supply and accordingly work out the time schedule for October.

14. In September comrade V.A. Malykh shall make pure *uranium* fuel element specimens available and get the tubes fabricated on site from the pins available.

P. Zakharov<sup>2)</sup>

September 17, 1952

*Archive of FSUE "SSC RF – IPPE". Original.*

<sup>1)</sup> Crossed out in the document.

<sup>2)</sup> The Order is signed by the First Deputy Director of Laboratory "V", P.I. Zakharov.

To Head of Department Comrade A.K. Krasin  
from M.E. Minashin

REPORT

Hereby I consider it necessary to bring to your notice that for the most part of the materials planned to be used for AM components the principal physical and mechanical constants are still absolutely unknown or poorly understood. Without that knowledge I think it altogether useless to conduct experiments on testing *fuel element* specimens. These constants are the following:

- a) Yield strength as a function of temperature;
- b) Ultimate resistance values as a function of temperature;
- c) Elastic constants as a function of temperature;
- d) Shear modulus as a function of temperature;
- e) Poisson's ratios as a function of temperature;
- f) Linear expansion coefficients as a function of temperature;
- g) Material density values;
- h) Thermal conductivity coefficients as a function of temperature.

I believe that without knowing these constants, to obtain which is much easier than to fabricate and to test *fuel element* specimens, we would spend much more time if we try to work out a *fuel element* by a simple selection of its material without preliminary study of the above-mentioned physical and mechanical properties.

At the same time, I think it necessary to report to you that the NIIKHIMMASH has not given any clarifications yet pertaining to our comments and remarks to the explanatory note attached to the basic design document. In particular, among these remarks there was a point that indicated unfounded values of assumed yield stress in the *fuel element* tubes. To my mind, these stress values, as it was indicated, cannot be removed by any creeping, as, with the temperature differential present on the walls of these tubes, there will be pressure in the tubes during the entire period of their operation.

/ Minashin /

September 20, 1952

[Instructions:]

- To comrade A.K. Krasin and comrade V.S. Lyashenko: I would like you to discuss this issue with me. 08.12, P. Zakharov.
- To M.G. Minashin. The issues indicated by you will be partially included into the work program of Department No 5, Lab "V", for 1953. Please submit the list of particular materials and required temperature intervals to make the work program for 1953. 22.12.[19]53<sup>1)</sup>, Krasin.
- Which materials are meant here? 24.XII.[19]52. V. Lyashenko.

<sup>1)</sup> A mistake of the author of the instructions. The year should be [19]52 instead of [19]53.

Top secret  
Special file

Protocol SI – 103  
Meeting of STC Section N° 1

December 26, 1952

Members of STC Section N° 1

Comrades Slavsky E.P., Aleksandrov A.P., Dollezhal N.A., Alikhanov A.I., Blokhintsev D.I., Sholkovich B.M., Bochvar A.A., Pozdnyakov B.S.

Invited participants:

Comrades Golovin I.N. – Lab.for Measuring Instruments of Academy of Sciences (LIPAN), Merkin V.I. – LIPAN, Leypunsky A.I. – Lab. "V", Krasin A.K. – OKB "Gidropress", Nikolaev A.V. – 5 Dept. of the First Chief Directorate (PGU), Ananyev E.P. – Scientific and Technical Council (STC), Grebennikov R.V. – Sc.&Tech.Council

Invited only for the 1<sup>st</sup> item of the agenda:

Comrade Kiselev AA – All-Union Institute for Aircraft Materials (VIAM)

Invited only for the 2<sup>nd</sup> item of the agenda:

Comrade Konobeyevsky S.T. – R&D Institute N° 9 (NII-9), Samoilov A.G. – NII-9, Levitsky B.M. – NII-9; Chirkin V.S. – LIPAN, Aleshchenkov P.I. – R&D Institute for Chemical Machine Building – NIIKHIMMASH, Florinsky B.V. – NIIKHIMMASH, Malykh V.A – Lab. "V", Suvorov L.D. – 5 Dept., PGU.

[...]

## 2. Work Progress on the *Fuel Element* for AM Facility

According to the information from comrade Chirkin V.I., (see ref. T-1189/13op of 17.XII-52; inv. N° 162 op, N° 295 op, 276 op, 165 op, 274 op 1952; ref. T-1168/13 of 12.XII-52, and ref. T-1159/29 op of 10.XII-52) - LIPAN has developed the *Fuel Element* which is a double-shell casing formed by two ЯИТ steel tubes, filled with OM-9 alloy rings and lead eutectic with 3% Mg (melting point 250°C). The outer tube has diameter of 14 mm, wall thickness of 2 mm, and inner diameter of the fuel element - 9 mm, wall thickness 0.4 mm.

The specimens of *fuel elements* were subject to 300-h testing in the design thermal mode on the V4 installation and tests in AV-2 apparatus during 1040 hours with cooling by cold water. The specimens of *fuel element* have also passed tests in MR facility under loads up to 1.2 million kcal/m<sup>2</sup> · h, temperature of cooling water reaching 250°C, during 100-150 h.

According to the information of Malykh V.A. (see ref. 1113ss, II 14 ss 1952; and ref. T-1192/30 ss/op of 17.XII-52), Laboratory "V" suggests to use magnesium, instead of the lead-magnesium eutectic.

Two variants of *fuel elements* have been developed:

- a) using rings made of OM-9 alloy (similar to the design developed by LIPAN), and
- b) using small pieces of active material instead of the OM-9 rings.

Several specimens of *fuel elements* with OM-9 alloy rings and the magnesium bond were subject to 300 h tests on B4 installation in design thermal regime.

The specimens with crushed alloy OM-9 were subject to short-time tests on the thermal setups under loads reaching 4 million kcal/m<sup>3</sup>·h with cold water as coolant.

Specimens for *neutron flux* tests have not been fabricated.

According to the information from expert comrade Bochvar A.A. (see inv. N° 434 ss/op, 1952, and ref .T-1211/24 op of 20.XII-52), the *fuel element* of NII-9 in the form of OM-9 alloy rings put onto the steel tube with clip contact failed a test on V4 facility under design heating conditions, and to date it cannot be recommended.

The *fuel element* of LIPAN can be recommended for AM facility. It is necessary to find a plant for serial manufacturing of these *fuel elements*. The magnesium *fuel elements* of Laboratory "V" with rings from OM-9 alloy has none advantages compared with the *fuel element* of LIPAN with lead-magnesium eutectics.

In the future (after experimental verification), presumably, magnesium *fuel element* of Laboratory "V" with crushed active material and the *fuel elements* of NII-9 loaded with mixture of *uranium* dioxide or carbide with magnesium or *beryllium* oxide diluting additives with liquid eutectics filling will appear the most promising.

The design development of *fuel element* with filling was started at NII-9 in 1952 (ref. T-2797/27ss of 20.12.1952).

According to the information from expert comrade Sholkovich V.M., (ref. T-2895/24 ss, 31.12.1952), the *fuel element* of LIPAN and that of Laboratory "V" have designs close to each other, however, they cannot be regarded as finally developed items.

The large number of welds in the LIPAN's design decreases its reliability. The *fuel element* of Laboratory "V" with crushed active substance has been developed to a smaller extent, but it is more promising, than LIPAN's *fuel element*.

It is necessary to continue the work on both types of *fuel elements*.

The *fuel element* sectioned structure does not increase the element reliability, because failure of one section entails the need to isolate entire element.

According to the information from comrade Dollezhal N.A (ref. T-1174/11 op, of 13.XII-52), it is necessary to begin the development of means for industrial fabrication of the *fuel elements* of both LIPAN, and Laboratory "V", considering that these *fuel elements* have many features in common.

In the *fuel elements* of LIPAN, it is necessary to reduce the number of welds and eliminate the gaps between sections.

New channels should be fabricated for testing the *fuel element* of Laboratory "V" with crushed active material in MR and AV-2 facilities; obviously, this *fuel element* is the most promising.

According to the information from comrade Konobeyevsky S.T., the effect of *neutron flux* can increase the velocity of metal dissolution in lead-bismuth eutectic.

According to the information from comrade Blokhintsev D.I., the use of OM-9 alloy is more preferable than that of pure *uranium*, because this alloy has a higher corrosion resistance and stability in the *neutron flux* (owing to the highly ordered structure).

It is necessary to continue the work of NII-9 for the development of *fuel element* for AM facility.

The ЯIT steel stability in lead-magnesium eutectic can decrease under *neutron flux*.

It is not known what heat flux was used when the *fuel element* was tested in AV-2 facility.

The tests in MR facility are carried out under decreased heat flux because of insufficient *enrichment of uranium*. The tests are necessary under fluxes of 1.8 – 2 million kcal/m<sup>2</sup>·h.

The reliability of *fuel element* of LIPAN is decreased by the large number of welds.

It is necessary to develop the work on magnesium *fuel element* at Laboratory "V", because magnesium properly wets steel, providing a good thermal contact, and does not interact with steel.

The technology of *fuel element* of Laboratory "V" has been worked out and tested, and it is required to fabricate *enriched fuel element*. We should changeover to organize the fabrication of *fuel elements* of LIPAN and Laboratory "V" in industry.

According to the information from comrade Aleksandrov A.P., the liquid-metal contact makes it possible to transfer up to 5 million kcal/m<sup>2</sup>·h, whereas the solid one – up to 2 million kcal/m<sup>2</sup>·h.

It is necessary to refine the design development of comrade Chirkin V.S. (LIPAN). It is not possible to *accept* the *fuel element* design, because of insufficient tests of the specimens in the *neutron flux*.

It is necessary to speed-up the tests of *fuel elements* at Laboratory "V", including the tests in *neutron flux*.

The *fuel element* of NII-9 with the use of *uranium* oxides has some advantages from the standpoint of reprocessing vs. the *fuel element* with OM-9 alloy.

The work at NII-9 must be continued.

According to the information from comrade Merkin V.I., the *fuel element* must have a sectioned structure. With long *fuel elements* the welds are subject to higher stress, whereas the element reliability is impaired.

It is possible to reduce the element length by means of increasing specific heat flux.

Having heard and discussed the work progress on the *fuel element* for AM facility, Section N° 1 decided as follows:

1. Note that as a result of experimental work carried out by the LIPAN, Laboratory "V", and NII-9 for AM facility, the *fuel element* design has been identified in the form of a double-shell casing made of ЯIT steel with active material and magnesium or lead-magnesium filling.

The LIPAN *fuel element* has sustained 300-h heating tests under design thermal mode and the 1000-h tests in the *neutron flux* of AV-2 facility with calculated heat flux of about 2 million kcal/m<sup>2</sup>·h, with cooling by cold water, and currently it is under testing in MP facility under load of about 2 million kcal/m<sup>2</sup>·h, temperature of cooling water reaching 250 °C; upon completion of this work, the question of its viability and suitability for the AM facility will be resolved finally.

The *fuel element* of Laboratory "V" has been under thermal tests.

The continuation of activities of NII-9, Laboratory "V" and LIPAN for upgrading the *fuel element* of AM facility is determined as necessary.

2. Note an insufficient preparedness of experiments for testing the AM *fuel element* stability in AV-2 facility and insufficient scientific supervision of implementation thereof (NIIKHIMMASH and LIPAN).

The tests of *fuel element* specimen in AV-2 of the LIPAN design were carried out without measuring the *fuel element's* temperature and backup measurement of temperature of the cooling water. As a result, the 1000-h tests still do not make it possible to recommend the LIPAN *fuel element* design for AM facility because of lack of experimental exactness of the temperature mode in the operation of the *fuel element* specimen, uncertainty of its heat flux and temperature.

3. Acknowledge it necessary to extend the tests of *fuel element* for AM facility in apparatus AV-2 with 3-4 *fuel channels* identified for the experiments, and make the thermal mode of specimens testing closer to the operation conditions of AM facility.

In particular, it is necessary to increase the cooling water temperature in experimental channels.

4. State that it is possible to initiate the preparatory works for industrial scale manufacturing of the *fuel element* for AM facility of the LIPAN and Laboratory "V" design.

Commit the tasks to LIPAN (comrades Golovin I.N. and Chirkin V.S.) and Laboratory "V" (comrade Blokhintsev D.I.) to present, before January 10, 1953, the technology for manufacturing and specifications for the production of *fuel element* for AM facility on industrial scale for review by section N° 1.

5. The fabrication of specimens of *enriched fuel element* by the design of Laboratory "V" for testing in MR and AV-2 facilities must be started upon completion of the specimens tests on thermal test facilities under design values of thermal load and temperature of cooling water.

Chairman of the STC Section I

E. Slavsky

P.p. Secretary of the Section

E. Ananyev

The Protocol is to be presented for acquaintance to comrades Aleksandrov A.P., Dollezhal N.A., Alikhanov A.I., Blokhintsev D.I., Sholkovich B.M., Bochvar A.A., Pozdnyakov B.S., Golovin I.N., and Leypunsky A.I.

**Compilers' comments:**

The STC Section I of PGU was at that time named "Nuclear Reactors and Commission for Fuel Elements", its first head was I.V.Kurchatov

At the session of the I STC Section of PGU chaired by E.P.Slavsky two issues were discussed: 1) Basic design of *VT* facility, with one of the reports presented by A.I. Leypunsky (the report is not published), and 2) The work progress on *fuel element* for AM facility.

The second issue was directly connected with the review of work progress for creation of fuel element for the World's First NPP reactor.

In 1952 the tubular fuel element was designed as double-shell casing made of stainless steel IX18H9T (the tubes with outer diameter of 9 mm and wall thickness of 0.4 mm, and tubes with outer diameter of 14 mm and wall thickness of 0.2 mm). Based on the review and discussion of variants for the fuel element presented by LIPAN, NII-9 and Laboratory "V", which differed only in the fuel composition, it was decided to continue work in these organizations, with a further upgrading of all three variants of fuel elements, as well as to expedite the in-pile tests of the fuel elements under development.

The work on simultaneous development of three fuel element designs for AM reactor and the review and discussions of work progress at a very high body, such as PGU, was an evidence of an extreme significance of this work and complication level of the design development. Fuel element is the main and the most important, critical component in reactor which must provide a reliable heating of the coolant to temperature required, without its destruction. At that time, no experience and recommendations existed for the development and creation of fuel compositions capable of operating under high temperatures and heat fluxes.

The text of protocol reflects the inevitable collisions which accompany each significant scientific research work, conflicts of ideas and opinions of the developers competing with each other and the complicated position of decision makers, the persons responsible for the whole fate of the project. The opinions presented at that session on the most preferable and perspective fuel element designed by Laboratory "V" (developed by V.A.Malykh) with crushed active material are especially important and significant for us; nevertheless, it was said that the dispersion fuel element with granulated uranium-molybdenum alloy and magnesium as matrix needed an additional finishing. The fuel element technology of Laboratory "V" has been worked out, the fuel element is under successful thermal testing, but the reactor tests are necessary as well.

Nevertheless, almost a year of intense work had to pass, under conditions of competition with the organizations that had a deeper experience and scientific potentials, before the design presented by Laboratory "V" was acknowledged the best and became the basis for the development of fuel element for reactor AM.

Top secret

To Comrade G.M. Malenkov<sup>1)</sup>

Information about nuclear powered electricity-generating plant

### **Atomic boilers designed for plutonium production**

In fission reaction of uranium atom nuclei, occurring in atomic boilers, significant energy release in the form of heat takes place.

The released heat is removed with water which cools the uranium bars used as fuel elements; uranium bar cooling can be also performed with gas or liquid metal.

<sup>2)</sup> *Graphite or heavy water* are used as neutron *moderator* and *reflector* in our *plutonium producing* nuclear reactors.

Uranium bars in nuclear reactors with a *graphite reflector* are cooled with ordinary purified water.

Uranium bars in nuclear reactors with *heavy water* are cooled with the very *heavy water* circulating in the closed loop and passing through the radiators cooled with ordinary water.

In dependence on the temperature bearable to the materials and structures of a nuclear reactor, thermal conditions of the nuclear reactor operation are determined.

In all *our* nuclear reactors producing plutonium, thermal conditions are determined with the account of heat resistance of *beryllium* (the principal structural metal), of natural uranium bars and *graphite*, which are in high radiation field caused by nuclear reaction.

For *our* nuclear reactors *in operation*, water temperature at the reactor outlet is  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$ C.

That is why, in spite of enormous amounts of thermal energy released in *our* nuclear reactors (equivalent to power of up to *500 000* kilowatt per reactor), this energy was not practically used.

### **Requirements to nuclear reactors for electricity-generating plants**

To make thermal energy of nuclear reactors applicable for steam turbines of electricity generation plants, temperature of the water at the nuclear reactor outlet should be  $250^{\circ}$ C and higher, water pressure being up to 100 atm.

It was necessary to solve complicated tasks so that to make a decision concerning the use of heat released in a nuclear reaction in the nuclear reactor for power generation purposes. These tasks were primarily related to creation of fuel elements (uranium bars) resistant to high temperatures (up to  $300^{\circ}$ C and higher) in the high radiation field.

### **Pilot nuclear reactor for the fuel elements testing**

It was necessary to design a pilot physical nuclear reactor with a high neutron flux for the experimental studies of various fuel element designs.

According to the Governmental Decision of April 6, 1950, Experimental Design Bureau "Hydropress" was established under the leadership of Academician I.V. Kurchatov (with comrade Sholkovich as the General Designer), and such a pilot physical boiler (MR reactor) was installed in the Laboratory of Measuring Instruments of the USSR Academy of Science.

In-pile studies of the fuel elements began in the second quarter of 1952.

### **Fuel element designs**

There are three designs of fuel elements tested at this time. They have been chosen as the most appropriate according to the existing requirements.

The fuel element designs subject to tests have the following structural peculiarities:

- the design with uranium rings immersed in lead;
- the design with uranium shard rings bound with magnesium (immersed in magnesium);
- the design with uranium rings installed in the stainless steel jacket which is filled with helium.

The fuel element design will be chosen in compliance with the results of these tests.

### **Pilot nuclear-powered electricity-generating plant**

Under the Governmental Resolution of April 12, 1951, the First Chief Administration was obliged to construct a pilot nuclear-powered electricity-generating plant in Laboratory "V" headed by Professor Blokhintsev.

Laboratory "V" of the Ministry of Medium Machine Building is located 106 km away from Moscow.

#### ***a) Parameters of the pilot electricity-generating plant***

The pilot nuclear-powered electricity-generating plant was designed with the following principal characteristics:

- heat release capacity of the atomic boiler is 30 000 kilowatt;
- steam turbine capacity is 5000 kilowatt;
- weight of uranium loaded into the atomic boiler is 550 kg, uranium enrichment is 5% of uranium-235 (uranium-235 content is 27.5 kg);
- temperature of the water at the outlet of the boiler is 290°C and its pressure is 100 atm;
- steam pressure at the turbine inlet is 12 atm;
- there is an AC electric generator with the turbine generating 6000 V voltage at the terminals;
- specific power of uranium in these fuel elements is 50-60 kilowatt per kilogram of uranium (in atomic boilers for plutonium production this value is 2-10 kilowatt per kilogram);
- heat removed from the surface of fuel elements is 1.8 million kcal per square meter (heat removal in atomic boilers for plutonium production is 0.35 million kcal per square meter).

***b) Description of the atomic boiler design for electricity generation plant***

The central part of the atomic boiler (AM reactor) of the power plant is assembled of graphite bars and placed in a steel vessel with diameter 3 m and height 4.5 m. There are 157 technological channels going through the graphite bars and consisting of stainless steel tubes covered with enriched uranium fuel elements.

The core, where the nuclear reaction causes heat release, occupies the central part of the graphite stacking with the diameter of 1.6 m and height of 1.5 m.

In order to provide radiation shielding, the graphite stacking is placed into an annular vessel filled with water. The upper part of the reactor is covered with thick iron plates.

The amount of uranium loaded into the reactor is sufficient for the plant to operate during 3 months.

After 3-month operation period, radioactive fission fragments should be removed from uranium of the fuel elements and 3 kilos of uranium-235 should be added instead of the burnt uranium.

***c) Description of the operation principles of the power plant***

Heat released in the core of atomic boiler is removed with the water circulating in the closed loop through the atomic boiler and steam generator; the water is under pressure 100 atm in the steam generator; the pressure value precluding steam generation in the closed loop.

The steam generator is designed as a tube-type heat exchanger, in which condensate supplied from the steam turbine condenser is evaporated by the heat of water flowing through the reactor resulting in generation of steam superheated to 270 °C at pressure 12 atm.

The superheated steam is supplied to the steam turbine, and spent steam from the turbine enters condenser under pressure 0.05-0.1 atm.

The turbine condenser is cooled with the water supplied by the pumps from water reservoirs, similarly to the fossil fuel power plants.

**Site description**

The pilot nuclear power plant, which is in the process of installation at Laboratory «V», includes the following buildings whose total value is about 130 million rubles:

- nuclear reactor building, including: nuclear reactor, 8 steam generators, control board, laboratories, etc., its volume is 50 000 m<sup>3</sup>;
- co-generation plant (CGP) building including 2 turbines and other equipment, volume is about 60 000 m<sup>3</sup>;
- a building for radioactive decontamination, purification of waste water and gases, including a ventilation stack of 100 m height, total volume is 12 500 m<sup>3</sup>;
- pumping plant for water supply from the river, 2000 m<sup>3</sup> with the corresponding service lines;
- residential buildings with usable area of about 11 000 m<sup>2</sup>.

## **Status of the work on the nuclear power plant**

As of September 1, 1953, the investments of about 98 million rubles were spent, including 56 million rubles spent on construction-installation activities and 27 million rubles spent on the equipment.

### ***a) Status of the work on the boiler building***

The part of the building designed for atomic boiler and steam generators has been constructed, where the reactor is to be installed, including the installation of a travelling crane of 75 tons rated load capacity. Construction of the second part of the building planned for steam generators is proceeding (concreting of the underground section has been accomplished). The construction will be completed in the end of 1953.

Most of the components for the boiler building has been manufactured and brought to the site, including the atomic boiler vessel. It is planned to begin installation of the boiler vessel in September of this year.

Manufacturing the rest of the components is not accomplished yet, namely, the primary pumps, elements of the control board, graphite bars and some instruments.

Fabrication of fuel elements for this boiler is under preparation at Plant No.12 of the Ministry of Medium Machine Building. It is planned to begin manufacturing the fuel elements in the end of quarter IV, this year after the checking tests of some fuel elements in the research physical reactor of the Laboratory of Measuring Instruments.

Construction of the atomic boiler building is planned to be finished in Quarter I of 1954 in compliance with the schedule being revised now, after that, the start-up work will be initiated.

### ***b) Status of the work on the co-generation plant***

Construction of the CGP building is mostly accomplished (finishing work is in progress), and the equipment installation is proceeding now. Installation of the turbine designed for the nuclear reactor is almost complete.

The start-up work on the CGP will begin in September of this year, and it will be partially put into operation using the auxiliary steam boilers in October-November, this year.

### ***c) Status of the work on the other facilities***

Construction of the building designed for the waste waters and gases purification from radioactive impurities is in progress; this work is planned to be accomplished in Quarter I, 1954.

Construction of the pumping plant on the river has been almost finished. Installation of the pumps is proceeding at this time.

### ***d) Reasons for delay in the power plant construction***

Construction of the nuclear power plant is considerably dragged out, because the main challenge of development of reliable fuel elements has turned out to be very complicated. Besides, for the lack of the corresponding experience, the designing has been delayed, the civil engineering work and equipment supply are overdue.

### **Significance of the construction of a pilot nuclear-powered electricity-generating plant**

The development of nuclear powered electricity generation plant realized in the pilot plant under construction in Laboratory "V" offers great opportunities in the field of atomic energy application to the national economy, electric power plants and transport systems.

Nuclear-powered transport systems will have considerable advantages under certain conditions as compared with the coal- or oil-fuelled systems. There will be no need for large tanks with fuel on crafts with nuclear-powered systems, and such crafts will be able to move continuously without any refueling.

Thus, for example, a large size ice-breaker with a nuclear-powered system will have an opportunity to ply continuously for a long time, i.e. several years.

Nuclear-powered systems for submarines have been designed since 1952. Commissioning of the pilot nuclear power plant will have great significance for the development of submarine nuclear engines.

### **Future-oriented studies on fast neutron atomic boiler**

Besides the work on designing the nuclear-powered electricity generation plant of 5000 kW, analytical and experimental studies of fast atomic boilers are going on; such boilers can turn out to be more appropriate for electricity generation plants<sup>31</sup>.

Taking into account that there are no experimental data on the fast neutron process, it is planned to construct only a pilot fast neutron physical boiler of 100 kilowatt in 1954. The request for proposal on the facility has been developed by this moment, and the corresponding Governmental Draft Decision is under preparation.

B. Vannikov

№ ST-1547/1

September 3, 1953.

*Archive of the President of the Russian Federation. Original.*

<sup>1)</sup> The official document was signed by B.L. Vannikov, the First Deputy Minister of Medium Machine Building of the USSR on September 3, 1953 and forwarded to G.M. Malenkov, the Chairman of the Council of Ministers of the USSR (Archive of the President of the Russian Federation. Collection 3, Shelf List 47, File 78, pp. 30-39). Preparation of this document may well be related to the fact that after L.P. Beriya's execution (L.P. Beriya was in charge of all the work on the atomic project in 1945—1953 and decided many issues directly with I.V. Stalin), not only the Council of Ministers but also the USSR Government got acquainted with the status of activities in that area.

<sup>2)</sup> Hereinafter the words in italics represent the text inserted in handwriting.

<sup>3)</sup> The preliminary work on fast reactors commenced in Laboratory "V" on A.I. Leipunsky's initiative in 1949—1950. In 1949 he turned to I.V. Kurchatov with the substantiation of this trend prospects, his first work in this area — "Fast Neutron Systems" dates back to the year 1950.

**ORDER OF THE MINISTRY OF MEDIUM MACHINE BUILDING OF THE USSR**

No 286 ss

Moscow

March 26, 1954

In view of the forthcoming accomplishment of work on V-10 power plant start-up, I HEREBY ORDER:

1. With the aim to check preparedness of the V-10 power plant for start-up and operation a Commission shall be established with the following members:

1. E.P. Slavsky as the Chairman of the Commission,
2. B.S. Pozdnyakov as the Deputy Chair of the Commission,
3. D.I. Blokhintsev,
4. N.A. Dollezhal,
5. A.N. Grigoryants,
6. N.A. Nikolayev.

2. The given Commission shall be entrusted with the tasks to check preparedness of the V-10 power plant for its start-up and follow-up operation, namely:

a) to conduct a long-duration test of joint operation of all the AM reactor mechanisms, including water circulation in the high-pressure circuit, as well as co-operation of reactor components and district-heating plant systems at various temperatures, including the parameters as close as possible to the operating ones; to work out and approve the program of these tests;

b) to conduct testing of separate units, systems and instruments of the AM facility under personal observation of the members of the Commission;

c) to reach first criticality of the reactor and increase thermal power up to 100 kW, in compliance with the program specifically developed by the Commission and under its supervision;

d) to consider deviations of the installed equipment from the approved design documentation and to make decisions about their acceptability;

e) to indicate the main deficiencies as well as the procedure and time required for their elimination;

f) to check availability of the principal operation instructions and guidelines;

g) to check readiness of the operational personnel for start-up work, reactor operation, including availability of the tools required to eliminate possible damages;

h) to specifically consider and check personnel operation safety during the reactor start-up and its operation as well as in case of possible accidents;

i) to provide spare parts, equipment, devices, etc., required for the case of malfunction of certain components;

j) to consider and recommend a program of V-10 power plant operation for the period of first fuel elements loading.

For thorough inspection of separate systems and components of the reactor to set up additional backup commissions, whose statements shall be attached to the Commission findings.

3. The Commission shall commence the work on March 27, 1954, site visits included, and within a month submit for approval their findings pertaining to the reactor preparedness for commissioning.

4. The Laboratory "V" Director, D.I. Blokhintsev, shall ensure all the necessary conditions for the Commission to work.

The AM reactor shall be commissioned and its thermal power shall be increased above 100 kW only after approval of the Commission findings about the V-10 power plant preparedness for its start-up and operation, in the Ministry of Medium Machine Building.

Minister of Medium Machine Building

V. Malyshev

[Instructions:]

Present for acquaintance to comrades N.A. Nikolayev, D.M. Ovechkin, A.K. Krasin.

31.III.[19]54. D. Blokhintsev.

## NPP-wide ORDER

CONTENT: Duty shift coverage

No 02

April 13, 1954

I HEREBY ORDER

1. To staff the duty shifts of the facilities composed of:

Sr. No.	Position	Surname, forename, patronymic			
		Shift No 1	Shift No 2	Shift No 3	Shift No 4
1	2	3	4	5	6
1.	Shift supervisor	Arkhangelsky Yu.V.	Baturov B.B.	Remizov V.A.	Ushakov G.N.
2.	Deputy shift supervisor	Lytkin V.B.	Timoshenko R.V.	Sadovnikov I.A.	Vacant
3.	Senior control engineer	Karpov A.V.	Vyunnikov V.I.	Shmelev V.I.	Parfiriev V.A.
4.	Control engineer	Yevdokimov Yu.V.	Bolonkin S.A.	Merzlikin G.V.	Kotchetkov L.A.
5.	Shift technician	Vacant	Nikonova V.P.	Maksimov N.	Vacant
6.	Shift engineer for instrumentation and controls	-"-	Goryainov I.A.	Zhestkov D.I.	Bogdanova N.V.
7.	Shift technician for instrumentation and controls	Malyshev V.A.	Kopchenov V.A.	Karpov V.I.	Yerofeev B.A.
8.	Duty operator of the mass flow meters board	Vacant	Ivanov V.V.	Kozhemyako V.M.	Osipchuk V.A.
9.	Shift mechanic for instrumentation and controls	Galushko S.S.	Torsunov A.D.	Alekseev A.I.	Aleksanin S.P.
10.	Shift electrical engineer	Sprygin B.G.	Gryunberg Yu.V.	Ermilin K.V.	Kolyzhenkov A.M.
11.	Control board shift electrician	Ardabiev N.G.	Bolobanov N.T.	Korolev A.K.	Annenkov E.I.
12.	DC board shift electrician	Pershin A.G.	Gnedov A.P.	Khamidullin S.G.	Golikov A.D.
13.	Turbine hall shift electrician	Ponomarenko N.G.	Kononov V.F.	Yatskevich I.I.	Podtsepilov F.A.
14.	Shift electrician for Build. 109	Berelet P.G.	Akimov T.T.	Yefimov	Yefremov S.I.
15.	UNO shift electrician	Yevdokimov P.I.	Troshin L.I.	Lomovatsky A.I.	Vacant
16.	Shift electrician for circulation pump 6	Rezodubov V.I.	Vacant	Vacant	Vacant
17.	Shift master mechanic	Gulibin K.I.	Penkin B.V.	Maslenkin A.M.	Babin A.I.
18.	Shift maintenance technician of the reactor hall	Zvonkov A.M.	Druzhylin I.V.	Pozdnyakov F.P.	Gostev V.A.

1	2	3	4	5	6
19.	Shift maintenance technician of the pumping station	Nikolaev S.B.	Kozyrev V.I.	Andreev P.A.	Semenov V.G.
20.	Shift internal plumber	Poletaev A.I.	Kharabarkin V.I.	Baranov I.M.	Komolov V.A.
21.	Shift maintenance technician for Build. 109	Alimov A.K.	Panchuk A.O.	Sudakov A.I.	Vacant
22.	Shift technician for "D"	Sokolov D.P.	Somov G.F.	Tikhomirov I.I.	Afonin V.F.
23.	Duty operator at control board "D"	Nikonov E.A.	Shyrovskiy Yu. L.	Novikova T.A.	Dobrova N.S.

2. The shift supervisors shall conduct the work with the personnel of their shifts on getting familiarized with the work places, team building and strengthening the labour and production discipline in order to start up and master the facility within the shortest time period.

3. The shift supervisors shall participate in committees on assessment of their shift personnel knowledge of servicing the work areas in order to get acquainted with the staff.

NIKOLAEV

**NPP ORDER**

**Contents: On the beginning and procedure of the first criticality gaining  
by Apparatus "AM".**

No 004

May 6, 1954

1. Comrade Blokhintsev D.I. is appointed as the scientific supervisor of the start-up work.

2. For the start-up work, comrades Krassin A.K., Dubovsky B.G., and Minashin M.E. are appointed as scientific supervisors on duty, and comrades Konovalov V.A., Inyutin E.I., Lantsov M.N., and Kamaev A.V. are appointed as assistants of scientific supervisors on duty.

3. The scientific supervisors on duty are subordinate directly to the scientific supervisor of start-up work.

4. The scientific supervisors on duty work on shift basis during the start-up period; they are responsible for safety of the Apparatus and personnel.

5. The operational orders of scientific supervisor on duty are obligatory for the head of shift and senior control engineer.

6. The physicists' team for the start-up work is subordinate directly to the scientific supervisor on duty. The list of start-up team personnel is approved by the scientific supervisor of the start-up work.

7. The scientific supervisor on duty is to compose a detailed plan of work for each shift, which is approved by the scientific supervisor of the start-up work.

8. All operations for the insertion and withdrawal of working fuel channels and other channels of the Apparatus, measuring instruments, operations for water supply (disconnecting water supply) to the channels of the Apparatus must be performed only by the order of scientific supervisors on duty.

9. The operations on the Apparatus must be performed by the engineer of reactor hall on duty under supervision of the Chief of the facility, Chief engineer, or his deputy.

10. The actions of scientific supervisors on duty and all personnel performing the start-up work must be performed in accordance with the instruction approved by comrade Slavsky E.P. and myself.

D. Blokhintsev

ORDER  
OF THE HEAD OF FACILITY 102

No. 05

dated June "11", 1954

In connection with the increase of the AM apparatus power, for the purpose of ensuring operational safety and effective control of the personnel,

I HEREBY ORDER:

1. Shift and service supervisors shall ensure that all the employees of Building 102 on duty follow the biological safety guidelines.

2. Since June 12, 1954, the Head of Service "D" shall supply all the employees with film badges and ensure permanent monitoring of radiation field level and indoor air radioactivity.

3. Comrade PONOMAR shall ensure normal operation of the airlock, assign lockers to employees and label them with surnames.

4. Shift and Service Supervisors shall supply all shift and day time workers with all types of working clothes, safety equipment and protective measures, placing everything necessary at the disposal of shift service engineers.

5. Shift and Service Supervisors shall bring to the notice of all shift and service employees that prior to starting the shift employees must change into protective clothing, and collect a film badge from shift dosimetry technician at area "D".

Upon completion of the work day, employees should examine the protective clothing, footwear and hands at the Service "D" equipment located in the shower rooms, return the film badge to the shift technician at area "D", put on their clothes and leave the building.

6. The execution of this order is to be supervised by the employees of Service "D".

N. Nikolayev

APPROVED:

E. Slavsky  
June 25, 1954

Scientific Supervisor  
D.I. Blokhintsev

## STATEMENT

issued by the Commission concerning the first criticality of the AM apparatus

The Commission composed of the following persons: A.K. KRASIN (Chairman), B.G. DUBOVSKY, V.A. KONOVALOV and G.N. USHAKOV, has drawn up this statement concerning the following:

1. The work on the first criticality of the AM apparatus was performed in accordance with the first criticality work program, instruction Reg. No AS-325, approved by the Chairman of the Ministry-level acceptance commission, Comrade E.P. Slavsky, and by the Head of Laboratory "V", Comrade D.I. Blokhintsev, dated May 5, 1954. Besides, the Scientific Supervisor, Comrade D.I. Blokhintsev, set a task for each day.

2. To facilitate the work on the first criticality by May 6, 1954, special-purpose counting-recording equipment, made in Laboratory "V", was fixed in the AM apparatus. Counting devices were placed in the room of the main control board.

In order to improve the operational safety, measurement reliability and accuracy, the following tools were added to the designed equipment:

- a) Three counters located in the core with the specified devices;
- b) Three chambers KNT-55 connected in parallel and located in the core with an opening onto galvanometer MSZG-0.8;
- c) Device "Shchelkun" <sup>1)</sup>.

The work was carried out using a neutron source with a spectrum similar to that of the reaction.

3. The reactor loading with technological channels was initiated on May 6, 1954. On May 9, 1954, at 4.30 pm, when 58 technological channels were loaded, the multiplication factor equal to  $K=50$  was gained.

4. The first self-sustaining chain reaction in the AM apparatus was achieved on May 9, 1954 at 7.07 pm. The critical mass was determined equal to 60 ? technological channels filled with technological water, provided that there were 18 channels in the core for manual control rods (MC) to be placed there, 2 channels for slow safety system rods (SSS) and 4 channels in the reflector for automatic control rods (AC).

In the process of gaining the critical mass all the rods were in the upper limit position.

Water was not supplied to the control rods' channels except for one channel of the MC rod of the internal ring which took about three litres of water. Free openings for technological channels were filled with graphite plugs.

For the given loading of the system the calculated critical mass value was estimated for 59 technological channels provided that graphite of the whole stack and the reflector was dried.

Core map No 1 shows the system loading and the equipment arrangement in the process of gaining the first critical mass.

5. In order to determine the influence of technological and emergency water in the reactor on its reactivity, technological channels were charged into the reactor without filling them with technological water.

The critical mass in technological channels was gained without water in 101 channels on May 18, 1954, at 10.30 pm. The calculated value of the critical mass in this case was  $100\frac{1}{2}$  channels.

6. In the presence of 101 channels in the apparatus we studied how technological water filling the channels' tubes and "emergency" water filling gaps in the graphite stack influence reactivity. The study was carried out in five cells along the radius.

"Emergency" water was charged into a special-purpose experimental channel placed in a jacket of an aluminum tube.

The similarity of a regular and experimental channel was determined by a single-purpose measurement. The results of these measurements are given in Diagram No 1.

7. The system loading with up to 126 technological channels was performed on May 28, 1954.

When loading 126 technological channels the critical mass was gained at 6 inserted MC rods of the internal ring and 2 MC rods of the external ring.

8. In the process of loading 128 technological channels, the calibration of the absorbing ability of AC and MC rods was carried out.

It was found out that the movement of an AC rod by 10 cm in its linear part, when the temperature of the stack and water in the reactor is about 20 °C, causes the change of the apparatus reactivity up to  $K=4.5 \cdot 10^{-4}$  in terms of Keff.

It was found out that one MC rod of the external ring, free of adjacent rods surrounding it, is equivalent to 130 cm of the AC linear part.

It was found out that upon withdrawal of every second rod out of six ones in the internal ring, these three MC rods turned out to be equivalent to five MC rods of the external ring.

9. The results of the experiments on water effect in the system of 101 channels as well as the results of the rods' calibration in 128 channels loaded into the reactor show that the reactor filling with water is abundantly compensated by the lowering of all MC, SSS and AC rods.

10. In the process of gaining the first criticality of the AM reactor, the following work was performed to test the design equipment:

a) Transfer to the apparatus automatic control at a low power. For this purpose chamber KNT-50 was inserted into the reactor core being connected in parallel to chamber KNT-115 of the first range;

b) Actuation of the SSS by an emergency amplifier. For this purpose chamber KNT-55 was inserted into the reactor core being connected in parallel to the emergency amplifier chamber of the first range;

c) Test of the start-up counters. It was found out that in order to increase the sensitivity, the start-up counters should be lowered by 150 cm contrary to the designed location.

11. The criticality was gained when water heated from 50°C up to 170°C was supplied through the technological channels with the graphite temperature equal to 170°C in the centre and 80°C at the reactor periphery.

It was established that the system reactivity loss occurring under such conditions is equivalent to a change of 305 cm of the AC linear part.

12. As a result of the first criticality the following facts were established:

a) The design core map of the apparatus loading was chosen correctly;

b) The calculated data of the loading and reactivity worth conform well with the experimental data;

c) The control-counting equipment accorded fully with the specified requirements.

The AM apparatus with 128 technological channels loaded in it can be recommended for its start-up with power ascension.

KRASIN  
DUBOVSKY  
KONOVALOV  
USHAKOV

*Archive of FSUE "SSC RF - IPPE". Copy.*

<sup>1)</sup> A sound attachment to the Geiger counter which is used to monitor the neutron flux in the course of critical mass gaining.

Top secret

**ORDER**  
of the Minister of Medium Machine Building  
N° 570 ss

Moscow,

July 3, 1954

In connection with commissioning of AM facility and to ensure proper supervision of the facility operation,

**I HEREBY ORDER:**

1. For the period, until my special order, the personnel of managers of the commissioning team (comrades Slavsky E.P., Kurchatov I.V., Pozdnyakov B.S., and Blokhintsev D.I.) must review the results of work on site for the passed period, not less than twice a week at joint meetings, and take decisions on the questions that may arise.

2. Provide that not less than two persons – managers of the commissioning team - must be present permanently at the facility site.

3. The commissioning team members on duty must inform me daily on the work progress at the facility for the previous day and on the plan of works for the next day.

Minister of Medium Machine Building

V. Malyshev

[Resolution:]

To be urgently dispatched to Building 102. Personnel to be acquainted with the document: comrades Grigoryants, Nikolaev, Krasin. 07.07.[19]54. D. Blokhintsev.

NPP ORDER

No 009

dated July 9, 1954

In connection with the completion of work on the first criticality of Apparatus "AM" and commissioning of Apparatus "AM" (the order of Minister No 570ss of July 3, 1954) —

I HEREBY ORDER:

1. The NPP Order No 004 of May 6, 1954, on the beginning and sequence of work on first criticality on Apparatus "AM" shall be canceled;

2. Until my special order, scientific supervision of the works on Apparatus "AM" shall be provided by myself, my deputy, comrade Krasin AK, and Chief of Subdivision No 3, comrade Dubovsky B.G.

3. The following order of work of the persons responsible for scientific supervision of the work on Apparatus "AM" shall be established:

a) one responsible person shall be appointed for each day, according to the schedule approved by me (myself, comrade Krasin AK, or comrade Dubovsky B.G.), his location being obligatorily known to the shift head or senior engineer for Apparatus operation.

NOTE: if there is no special reason to stay in building 02 in the evening and night hours, the said persons in charge may be at home, and they can be called by the shift head when necessary.

The start-up of Apparatus "AM" from "zero point" shall be fulfilled in accordance with the instruction approved by me: the Scientific supervisor on duty is obliged to be present during the start-up from "zero point" after a long stand-by period of the Apparatus.

If there are any doubts concerning the apparatus operation, or in case of accident, the shift head must call the scientific supervisor on duty.

4. This order shall come into effect on July 10, 1954, 00h,00min.

D.Blokhintsev

To: Comrade G.M. Malenkov  
Comrade N.S. Khrushchev<sup>11</sup>

This is a report about V-10 <sup>21</sup>nuclear power plant running at the beginning of its operation.

The first chain reaction in the AM atomic boiler of the V-10 NPP was initiated on May 9, this year, with 60 fuel channels with uranium fuel elements being in the reactor (out of the total number of 128 channels).

From June 12 to June 24, this year, the AM facility was running at the power level of 10% - 75% in a special pilot mode without steam generation.

During this period a satisfactory agreement was observed between the calculated physical parameters and the ones actually obtained in the reactor.

Late on June 26, 1954 steam was generated and supplied to the steam turbine; the turbine operation was tested with electric loading of 1500 kW.

Since June 27, 1954 up to now the V-10 nuclear power plant has been running at the 50-60% power (2-2.5 thousand kW). The generated electricity was utilized by the "V" Laboratory, its residential settlement as well as it was partially transferred to the Mosenergo power grid.

During the period just ended the uranium fuel elements demonstrated their satisfactory operation in the indicated mode. Only one fuel channel (consisting of 4 fuel elements) was replaced because of the leak outside its fuel part.

The other very important components of the reactor, i.e. the main pumps of the primary circuit, also operated satisfactorily.

During the AM reactor operation with electricity generation a number of manufacture defects were revealed in some reactor components, and their elimination required short-term shut-downs of the reactor.

The welds of throttling devices for measuring water flow rate in fuel channels supplied by the "Manometer" Plant of the Ministry for Machine Building and Instrumentation turned out to be of a poor quality. The "Manometer" Plant has fabricated a new set of these devices by now.

Other small defects were also revealed, they will have to be eliminated during the next scheduled preventive maintenance of the reactor.

It is planned to shut-down the V-10 NPP at the end of the first month of its operation, i.e. on July 26, this year, for 5 - 6 days with the aim to thoroughly inspect the mechanisms and to eliminate the certain defects revealed in the course of its operation.

On the completion of this work and reactor testing the NPP power is planned to be increased up to 75% and then up to 100% power in order to investigate the operation of *uranium* fuel elements at higher temperature and higher neutron flux.

Besides the further investigation of reactor design elements operation, it is planned to start the experimental work in the field of nuclear physics due to the necessity to get as soon as possible the extremely important data for designing *atomic* boilers reactors of high power.

Currently at the "V" Laboratory the meeting is being held with the aim to discuss the scientific, research and experimental work on the AM *nuclear* facility <sup>3)</sup>.

V. Malyshev  
B. Vannikov  
Ye. Slavsky  
I. Kurchatov  
D. Blokhintsev

July 22, 1954

[The first page of the document is marked as follows:]

To be stored in the Archive of the Presidium of the Central Committee of the Communist Party of the USSR. V. Malinin, July 27, 1956 <sup>4)</sup>.

*Archive of the President of the Russian Federation. Original.*

<sup>1)</sup> The position paper was addressed to G.M. Malenkov, the Chairman of the Council of Ministers of the USSR, and N.S.Khrushchev, the First Secretary of the Central Committee of the Communist Party of the Soviet Union, it was prepared on July 22, 1954, and signed by V.A. Malyshev, the USSR Minister of Medium Machine Building, B.L. Vannikov, the First Deputy Minister of Medium Machine Building, E.P. Slavsky, Deputy Minister of Medium Machine Building, an active participant of NPP development, I.V. Kurchatov, the Scientific Supervisor of the Atomic Project and LIPAN Director, and D.I. Blokhintsev, the Scientific Supervisor of NPP activities and Director of Laboratory "V". (Archive of the President of the Russian Federation, Collection 3, Shelf List 47, File 78, pp. 63-65).

<sup>2)</sup> Hereinafter the words in italics represent the text inserted in handwriting.

<sup>3)</sup> Personal notes made by some participants of that meeting have survived. One of them includes a proposal to shut down the NPP because the possibility of atomic energy production in principle has been already proved. E.P. Slavsky argued against that proposal.

<sup>4)</sup> The mark made by the official of the General Department of Central Committee of the Communist Party of the USSR, which means that the document is kept on highly classified file and is not transferred to a general archive.

THE FIRST NUCLEAR POWER PLANT<sup>1)</sup>

D.I. BLOKHINTSEV

After discussing the GOELRO plan with V.I. Lenin in Kremlin, the science fiction novelist H. Wells called Vladimir Ilyich "the Kremlin Dreamer". Wells' fantasy, as exuberant as it was, proved not enough to appraise the ability of Lenin's genius to foresee the future... In the end of 1920, the VIII Congress of Soviets was in session in Moscow. It was devoted to the "Second Programme of the Communist Party" — the plan of economic revival and development of the country, called GOELRO. A big map of Soviet Russia was hanging on the stage of the Bolshoi Theatre, where the Congress took place. Thirty burning light bulbs specified the building sites of planned power plants. At his speech in the Congress, V.I. Lenin declared that "*Communism is Soviet*

*power plus the electrification of the whole country*"<sup>2)</sup>. At that time, many people regarded electrification of Russia as utopia. But the "utopia" became reality. Today our country produces hundreds of times more power than pre-revolutionary Russia.

It was not a coincidence that the foundation of the new, modern era in the development of power engineering, era of atomic energy, was laid in our country. It was the first to enter the path of peaceful use of atomic energy. Whereas the news of American atomic bomb explosion in Hiroshima made the whole humanity shudder with horror, the Soviet Government announcement of the first Nuclear Power Plant (NPP) start-up in Obninsk on June 27, 1954, instilled hope in the hearts

---

*Blokhintsev Dmitriy Ivanovich* (1908 — 1979) — theoretical physicist, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics) since 1935, Correspondent member of the Academy of Sciences of the USSR since 1958, correspondent member of the Academy of Sciences of the Ukrainian Soviet Socialist Republic since 1938. Was born in Moscow. Graduated from Moscow State University in 1930.

Since 1933 was a senior researcher of the Research Institute of Physics (NIIF) in Moscow State University. From 1935 to 1979 was a Professor of Moscow State University. From 1935 to 1950 — Senior Researcher of the Physical Institute of Academy of Sciences (FIAN). In 1947, got involved in the work on the Soviet nuclear program. From 1947 to 1950 was a scientific consultant of the Office 9 of the Ministry of Internal Affairs of the USSR. Since 1950 was the Director and, at the same time, the Head of Theoretical Department of Laboratory "V". Since 1956 was the first Director of Joint Institute for Nuclear Research (JINR) in Dubna. From 1965 to 1979 was the Director of the Laboratory of Theoretical Physics at JINR.

D.I. Blokhintsev performed research in the field of theoretical physics, solid-state theory, optics, quantum mechanics, field and particle theory, acoustics, as well as in the field of natural science philosophy (quantum mechanics, relativity theory) and engineering (theory of reactors and reactor building). One of the design fathers and the scientific advisor of the creation of First Nuclear Power Plant in Obninsk. From 1951 to 1955 he directed the calculation-theoretical studies for the creation of thermonuclear explosive device (hydrogen bomb). In JINR, he participated in the start-up of the synchrophasotron and the accelerator of the multicharged ions. His studies of this period are devoted to the structure of elementary particles (nucleons), the connection of weak and electromagnetic interaction, quantum field theory and non-local theories. He was the scientific advisor of the designing and creation of fast pulse reactors IBR-1 (1960) and IBR-2 (1979) (he suggested the concept of the IBR in 1955 in Laboratory "V"). Since 1961, he was the Vice-Director of the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) affiliated to UNESCO.

D.I. Blokhintsev was given the title "Hero of Socialist Labor" in 1956. He was awarded 4 Orders of Lenin (1945, 1952, 1954, 1956), the Order of the October Revolution (1975), the Order of the Red Banner of Labor (1954), the Lenin Prize (1955), the Stalin Prize (1952), and the USSR State Prize (1971).

<sup>1)</sup> V.I. Lenin. Collected Works. Vol. 42, p. 159 (hereinafter the footnotes provide author's commentary — compiler)

of millions of people that the new great discovery, uranium fission, can and must be used for the benefit of the humanity.

The idea of building a nuclear power plant was promoted by humanistic traditions of Russian progressive brainpower. Thus, K.E. Tsiolkovsky, who devoted all his life to the idea of rocket flights for cosmic exploration and who was very enthusiastic in his novels about the future of human life in space, made no mention whatsoever of the possible use of space vehicles for military purposes. Not that he didn't understand it. For him, such a thought was immoral. Search for the ways of peaceful use of atomic energy was not coincidental for the Soviet scientists: it was based, in particular, on good historical traditions.

Building the nuclear power plant did not pursue any "agitational" goals. All the people involved in its design and construction regarded this

work as solving purely scientific and technical problems. The very idea of peaceful use of nuclear energy certainly conformed with the world outlook of Soviet people. The political effect, produced by the start-up of the first nuclear power plant, became apparent later, somewhat unexpectedly for those who had relation to it. In 1955, in Geneva, the audience of many thousands that convened in the Palace of Nations at the first conference on peaceful use of nuclear energy, broke the procedural rules and rose in enthusiastic applause when the Soviet delegation reported on the start-up of the nuclear power plant, its design and operational data. This report on the results of teamwork of Soviet researchers and engineers proved two very important ideas: first, building a nuclear power plant is technically feasible, and secondly, and more importantly, the nuclear energy can be used for the benefit of mankind.

## 1. BACKGROUND

The first information about uranium fission caused by neutrons was published in 1939. Uranium fragment (lanthanum) was the result of uranium irradiation by neutrons performed by I. Curie (France) and P. Savich (Yugoslavia). Soon after that, the German physicists O. Hahn and F. Strassmann determined that lanthanum and barium were the result of slow-neutron bombardment of uranium. Both elements are in the middle of the Mendeleev Periodic Table. The German scientist, Lisa Meitner, managed to give the correct interpretation of the experiments in February 1939. She revealed that the emergence of lanthanum and barium was the result of uranium nucleus decay into two large fragments. Somewhat earlier, Frederic and Irene Joliot-Curie informed the Academy of Sciences in Paris about their experiments also suggesting uranium fission. The French scientists emphasized that fission was combined with an enormous release of energy. In the same year, the possibility of a chain reaction of uranium fission was discussed at the Scientists' Association in Moscow<sup>3</sup>). However, the experimental data at that time was not complete and accurate, making it difficult to decide definitely about its feasibility, or to prove its attenuation. It was even more complicated than that, because as it is now known, only the isotope of uranium-235 is fissionable under the action of slow thermal neutrons. This isotope is present in natural uranium in an amount of 0.7 % only. Therefore, to obtain the accurate data on the isotope, it was

necessary to separate it from the bulk of uranium (from isotope uranium-238), which seemed to be an insoluble challenge at that time. Nevertheless, the conditions required for a chain reaction were determined.

At the same time, the Leningrad theorist Ya.I. Frenkel set forth the theory of uranium fission, according to which the nucleus was considered as a droplet of electrically charged nuclear liquid<sup>4</sup>). The drop was excited under the action of a neutron resulting in the repulsive electric forces exceeding the forces of superficial tension produced by the intra-nuclear interaction. Thus, the drop was split into two smaller drops. This is how uranium fission was interpreted in the theory. These drop-fragments, repelling from each other under the action of electric forces, received huge kinetic energy, which is called the energy of uranium fission. The term "atomic energy" is widely used now. In fact, it would be better to say "nuclear energy". It follows from the explanation given above that uranium fission energy is the electric energy of an atomic nucleus. The electric forces of repulsion make the heavy, highly charged, nuclei unstable. As it was shown by K.A. Petrzhak and G.N. Flyorov (1940), a nucleus of uranium can be spontaneously fissionable, without participation of neutrons, however, such fission occurs very seldom. The high kinetic energy of uranium fission fragments (lanthanum and barium mentioned and many others) is split by them under the impact of their collision with other atoms of

the medium where the reaction occurs. Thus, the energy of fission finally turns out to be thermal energy\*. This cannot be considered a success, for thermal energy is secondary from the point of view of thermodynamics. But there is still no other more "beneficial" method of using the initial electric energy of nucleus.

There was still a lot to do to find the ways of controlling the chain reaction, and putting in practice the all-powerful explosions developed in millionths of a second, as well as "peaceful" chain reactions in nuclear power plants, where nuclear fuel is used for many months or even years. It can be seen from the example below what level of accuracy in the scientific data was required. Besides the two fragments (two new nuclei) emerging as a result of a uranium fission reaction, several neutrons also emerge. These neutrons of the first generation serve for the reaction to progress, which leads to neutrons of the second generation, etc. It turns out that several neutrons per thousand of the emerged neutrons, on the average, are formed not at the moment of fission, but escape from the fragments a little bit later. There are about six such neutrons in uranium, and about two in plutonium. Existence of these few, so-called delayed neutrons, which are in fact a small detail in uranium fission, is the most important factor for the realization of a controlled chain reaction. A part of these neutrons are delayed for fractions of a second, the rest a second or more. That is exactly the period when it is possible to interfere with the reaction (to slow it down or accelerate) by manipulating the neutron absorbing control rods. The majority of the neutrons emerge simultaneously with fission, and it is impossible to somehow effect the reaction progress during their short lifetime (approximately hundred millionths of second), as well as impossible to stop the nuclear explosion already initiated.

Soon after the sensational discoveries in nuclear physics encouraging the technical application of nuclear energy, Western Europe was attacked by Hitler's Germany. Two years later, the fascists also attacked Russia. There was no information from Europe about the activities on studying uranium during that period. We know now that nuclear physics development proceeded at that time in the USA, where a lot of European scientists, pursued by the Nazis had moved long time before the war. After the possibility of a large-

scale chain reaction was studied more thoroughly, there was no more open source information concerning the activities in the field of nuclear physics. Nevertheless, the Communist Party and the Soviet Government still had a concern about the development of nuclear science under the conditions of wartime when our country was struggling against the enemy, and when the burning tasks of defense prevailed over any theoretical projects in spite of their great prospects. The Soviet scientists were entrusted at that time to solve the task of mastering nuclear energy<sup>5)</sup>. All the activities in this area were initially guided by a newly established institute, which is now the Institute of Atomic Energy named after I.V. Kurchatov<sup>6)</sup>. The general scientific supervision of the work was assigned to I.V. Kurchatov, who worked at the Physical and Technical Institute in Leningrad at the time<sup>7)</sup>.

It should be noted that, before the discovery of uranium fission, the prospect of practical applications of nuclear energy seemed to be very questionable to many competent foreign and Soviet scientists. This can be explained by the fact that the initial energy expenditures on nuclear energy release exceeded the amount of the energy produced in all the preceding investigations. In spite of many other extremely important tasks, scientists-enthusiasts of Leningrad and Kharkov worked in parallel on nuclear physics, that was the greatest chance for our science<sup>8)</sup>. I.V. Kurchatov was one of them. In the 40-ies, he first united scientists into a small group to work on mastering atomic energy, and then he headed the Institute. In 1946, the first chain reaction in our country was realized on a pilot reactor in the institute headed by Kurchatov<sup>9)</sup>. Natural (not enriched) uranium and graphite (pure carbon) as a moderator were used in the reaction. E. Fermi performed the world's first chain reaction in an atomic pile of this type in December 1942 in Chicago. Thus, the feasibility of a controlled chain reaction with natural uranium was proved, and the commissioned pilot reactors have formed the basis for the further studies and application of atomic energy. This encouraged the development and construction of commercial reactors producing the "filling" of nuclear weapon, plutonium, and created preconditions for the development and discussion of the projects related to the design of power reactors for nuclear power plants. The main chal-

\* Part of the energy is removed with neutrons. The other part, also pertaining to fission neutrons and gamma rays, is also converted to heat in the reactor core or in the concrete shielding.

challenge associated with future nuclear power plants was in the task to remove heat from nuclear reactor. Actually, it was not a mystery, and a lot of ways of heat application for steam generation could be proposed. The resulting steam would put in motion the turbines and the dynamos coupled with them (electric current generators). It would be a classical type electric power plant with the furnace replaced with a nuclear reactor.

In the middle of the 40-ies, after the Second World War, the first unclassified publications about nuclear power were made in the USA. "Scientific and Technical Fundamentals of Power Engineering", the book written by the outstanding scientists (Russian translation, Moscow, 1947) is worthwhile to be mentioned. A lot of nuclear constants were presented in it with the description of the reactor calculation techniques already known in Russia due to the experimental and analytical studies carried out at the Kurchatov Institute. More or less applicable systems of heat removal from nuclear reactors were also

given in the book. However, there were numerous difficulties on the way to the development of a functional nuclear power reactor, i.e. the drawbacks in the design, technology and reactor theory. Since it was impossible at the time to estimate these obstacles, determine the efforts and time required to solve these or those individual problems, many power reactor designs were considered equally acceptable, and some of them were attractive because of particularly high efficiency of the installation as a whole. As for the gained experience, only the Kurchatov Institute and some of its branches had such an experience in the 40-ies and at the very beginning of the 50-ies. This experience related to the thermal reactors with graphite as a moderator and natural water as a coolant. However, the temperatures achieved in these reactors and, accordingly, coolant (water) temperature, were too small, so the reactors of this type could not be effectively used for the generation of steam rotating the blades of a steam turbine.

## 2. Obninsk

In the middle of the 40-ies, several new Research and Development Laboratories were established in the USSR<sup>10</sup>. Their objective was to extend a range of the activities purposed at studying nuclear physics, the development of isotope separation methods and measuring and control instrumentation. In many cases, these activities were carried out by the Laboratories in parallel to increase reliability of their results. The Laboratory established in Obninsk in 1946 was one of them. Later, it became the Institute for Physics and Power Engineering (IPPE). The Laboratory was supervised by A.I. Leypunsky who involved the author of this paper into its work. The potential of the Laboratory was insignificant at the beginning. Its scientific interests were also not so important at the time in comparison with the problems raised by the other similar Laboratories<sup>11</sup>.

The Obninsk Laboratory had neither sufficient scientific brainpower nor the necessary equipment in the first years of its existence and, consequently, was aside from the principal research activity in the field of nuclear physics and power engineering. At first, the Laboratory had no definite direction in its work. There was a choice between the development of purely physical researches in the field of nuclear physics (at one time the issue of constructing an accelerator for elementary particle investigations was dis-

cussed) and applied researches related to power engineering. The latter seemed to be particularly interesting from the viewpoint of science and technology, besides, the other Laboratories and Institutes were hardly dealing with it<sup>12</sup>.

The first years of Obninsk now seem to be so far as if from the other era. Since that time our country has achieved a tremendous success in the development of science, engineering, economy and culture. A nuclear explosion, nuclear power plant, nuclear ships, space development — these are the results of the work carried out in the country which suffered from the war. Now Obninsk is a city with the population of many thousands, there are first-rate scientific and educational institutes in it. Its beginning was as difficult as that of many other nuclear sites at the time, under heavy conditions with the lack of people, materials and energy. The workers lived in barracks, engineers and researchers lived in small "Finnish" houses, random buildings were adapted for laboratories and offices, boots and cars stuck in the liquid clay on the roads. The main building of the laboratory now modified was constructed for children who arrived from Spain in 1936. The other building, the private residence, which belonged before the revolution to the Morozovs, the textile manufacturers, was in desolation. Later it became a hotel. A small very ancient steam turbine cou-

pled to a dynamo generated only 500 kW.. When it was stopped, the settlement and building site were plunged in darkness. But the main difficulty was in the lack of qualified specialists. This was the damage caused by the war. However, people came back from the battlefield to the "front" of science: A.K. Krasin (he became later the Institute Deputy Director on Research Work), P.E. Nemirovsky, O.D. Kazachkovsky (nowadays the Director of IPPE<sup>13)</sup>) and others. The talented theorists L.N. Oussachev, D.F. Zaretsky, A.S. Romanovich (he was later tragically lost in the Pamirs) were very young when they set to work in this field of science. The first calculation bureau, which served as computers today, was represented by V.S. Goudkova who had no higher educa-

tion at the time. This is how the scientific group was gathered in Obninsk.

The peaceful application of atomic energy (the term which was not widely used at the time), namely, nuclear power engineering, was in the focus of attention of the small group of Soviet scientists who began to work in Obninsk. The problem was so fascinating that life inconveniences seemed to be a trifle and were ignored. It was necessary to decide which way to choose, which distance was the shortest and most reliable. The Chinese proverb says: "A child is not afraid of a tiger". The same was with us, the most audacious projects seemed to us the most attractive at first stages of the work. In reality, it was just the start of the "journey".

### 3. Looking for the Ways

On the initial stage of nuclear power development, scientific and technical issues obviously prevailed over economic problems. Nevertheless, there was a tendency to develop power installations with high parameters of steam and high efficiency of use of thermal energy released in reactor, to use modern steam turbines with the steam under high pressure and, consequently, at high temperature. On the other hand it was impossible to ignore the circumstances of the real life. Cost of the designed reactor, possibilities to produce the required nuclear fuel, real terms of reactor construction, these are the factors, which could not be ignored when the design was chosen. The design of a high-temperature thermal neutron reactor with beryllium oxide moderator and helium cooling was initially developed in Obninsk. Nuclear-physical properties of beryllium oxide as a neutron moderator were studied at the laboratory (A.K. Krasin and I.G. Morozov, 1947—1950). Success was also achieved in the development of the techniques applied to manufacture structural elements from the sintered purest beryllium oxide (V.A. Malykh, 1947-1949). Approximately at the same time, investigations in the field of liquid-metal cooling for nuclear power plant reactors were initiated. This type of cooling was considered to be very promising in view of the liquid metal capability to remove plenty of heat from a unit of reactor volume. Sodium, potassium or their alloys could be taken as such metals. However, this variant was not developed because of the high absorption of neutrons.

Later it was found out that liquid-metal cooling is rather promising in fast reactors with

uranium fission neutrons. Neutrons are deliberately moderated in normal reactors, and slow-neutron reaction takes place. It was revealed that fast reactors require considerably larger initial amounts of nuclear fuel than thermal reactors. However, a new fissionable substance, plutonium, can be formed in these reactors in larger amounts than the amount of burned uranium-235. There emerged an idea of nuclear fuel breeding, i.e. the idea of the reactors used as nuclear fuel "breeders" (A.I. Leypunsky). At that time we had no information concerning calculations of this type reactors. The required experimental data were very insufficient, and the obtained results were rather ambiguous.

By that time the Kurchatov Institute had gained the significant experience in designing and constructing thermal reactors with graphite moderator and natural water coolant<sup>14)</sup>. However, the temperature of water in these reactors was not high enough for them to form the base of a nuclear power plant. It was necessary to make a limp forward by the significant increase of water coolant temperature and, consequently, its pressure. On the basis of gained experience, I.V. Kurchatov and N.A. Dollezhal developed the reactor design for a nuclear power plant with the following parameters: thermal capacity — 30 000 kW, electric capacity — 5 000 kW, steam pressure — 12 atm. Preliminary estimates were performed at the Kurchatov Institute by P.E. Nemirovsky and S.M. Feinberg<sup>15)</sup>. I.V. Kurchatov proposed to hand over the further development of this reactor and the construction of a nuclear power plant with it to the Institute in Obninsk (1951).

This caused serious discussions about the ways of further development of power reactors in Obninsk. What should be developed: high-temperature thermal reactors with beryllium oxide moderator? Reactors with metal cooling? Or to follow I.V. Kurchatov's suggestion which was rather moderate? Steam under 12 atm pressure in regular power systems was not in the focus of scientists' attention any more. It should be underlined that steam pressure might be high, but it would require designing a special turbine (it would take about 5 years). That is why the available turbine of low pressure was used<sup>16</sup>). However, this was not of high importance, because the essence and novelty were not in the turbine but in a completely new reactor.

During the period preceding these discussions, the author of the paper was appointed director of the Institute in Obninsk (1950). My primary task was to choose the way of the Institute further development. My Deputy Director on Research Work A.K. Krasin and I supported Kurchatov's suggestion. A.I. Leypunsky considered such a decision to be wrong. My point of view was based on the following: production of beryllium oxide in required amounts was expensive and, therefore, hardly feasible. Design of a reliable vessel for the reactor with gas under high pressure and possibly contaminated with radioactive impurities and aerosols was still an unsolved task. We had no data confirming safety of such a reactor for the environment. It was considered reasonable to study metal-cooled fast reactors. But it would take many years to make sure that their construction is feasible and expedient. Kurchatov's idea had also a lot to be researched, however, it was based on the phenomena already investigated experimentally and theoretically. Therefore, the young team of the Obninsk Institute deemed it quite feasible in a short time to take the first steps in the direction to peaceful applications of atomic energy. I can only guess about the reasons I.V. Kurchatov had when he made such an important proposal to us. Apparently, Kurchatov believed that his Institute was dealing with more crucial questions and might not take up one more task. Besides, he knew that scientists in Obninsk were at the time enough competent of the issues related to reactor technology and nuclear physics, so success could be anticipated<sup>17</sup>).

Then the situation was as follows: according to the resolution of authorities (March 1951), the development of nuclear power plant design and related analytical and experimental research works were concentrated in Obninsk and in the

design group headed by N.A. Dollezhal. Obninsk was chosen for siting the plant (near the Institute)<sup>18</sup>). Director of the Institute was appointed as Scientific Supervisor of the Subject; N.A. Dollezhal — as the General Designer, and A.K. Krasin — as Deputy Scientific Supervisor. Two Departments were established at the Institute to deal with water cooled thermal neutron reactors (headed by A.K. Krasin) and fast neutron reactors with metal coolants (headed by A.I. Leypunsky and O.D. Kazachkovsky). Three teams were working at the Theoretical Department, (I was its Chief at that time): theory of fast neutron reactors (L.N. Oussachev), theory of thermal neutron reactors (D.F. Zaretski), and intermediate neutron reactor theory (A.S. Romanovich). Technological works were concentrated at the Department of V.A. Malykh. Research works on heat transfer were conducted at the Experimental Departments. Subsequently a major Thermal Engineering Laboratory was established on that basis, it was headed by V.I. Subbotin. Thus, the research on nuclear engineering was being deployed in Obninsk as a wide front covering all reactor types available by that time. Only high temperature reactor with beryllium oxide was not included into the work program.

The primary challenge was to develop and construct the nuclear power plant of 5 thousand kW with water-cooled and graphite-moderated thermal neutron reactor. The works on fast neutron reactors with metal coolant were conducted as well, which included theoretical, neutronics, heat engineering, and technology studies. As it was supposed, they appeared to extend to many years. The first experiments with sodium were started in 1951 (P.L. Kirillov with his colleagues), whereas the index of major importance for this problem, the breeding ratio of nuclear fuel, was refined only in 1969 by measurements fulfilled in Dubna. In 1955 the first fast neutron reactor with mercury coolant was commissioned, and experimental reactor with sodium coolant was commissioned in 1959. With those experimental facilities used as a basis, the world's largest nuclear facility of 1 million kW thermal power was constructed in 1973 in Shevchenko (Kazakhstan). It had liquid sodium coolant and was intended for both energy generation and water desalination. The construction of this plant appeared to be a major achievement of Institute for Physics and Power Engineering in Obninsk. Large size fast neutron reactor plant (600 thousand kWe) with liquid metal coolant is under construction at Beloyarsk.

#### 4. PRINCIPAL PROBLEMS WITH CONSTRUCTION OF NPP

In early 1951 the design of NPP was outlined only in very general aspect. There remained plenty of serious physical, engineering, and technology-related problems to be resolved. Many of them emerged at later phases of design development and appeared to be more and more critical; this was making the decisions of paramount importance deemed to be resolved ultimately disputable. If the construction of the world's first nuclear power plant proceeded by traditional order, it would not be able to begin its operation in three years in any case. The construction of the NPP was started at once, in 1951. D.S. Zakharov was appointed the Site Manager, D.M. Ovechkin was the Chief Engineer, and general problems were the domain of I.T. Tabulevich. Essential parts of the NPP building had thick walls made from reinforced concrete monolith in order to ensure biological shielding against nuclear radiation. Inside the walls there were pipelines, channels for cables, ventilation, etc. Obviously, any reconstruction or remaking was impossible, therefore, the design included some margins taking into account possible alterations. Task orders were issued for the development of new equipment and research works at the "outside" organizations — institutes, design bureaus and enterprises. The task orders could not be complete for inherent reasons, and they were refined and supplemented in the course of designing. Major engineering and design approaches were still developed by the Design Group led by N.A. Dollezhal and his assistant P. Aleshchenkov.

There was also an unceasing communication with the Institute of I.V. Kurchatov. P.E. Nemirovsky, an expert from that Institute, took part in the works of our Theoretical Department; principal tests of fuel elements in neutron field were carried out in reactor specially intended for material irradiation studies (led by V.V. Goncharov). I.V. Kurchatov also was interested in the construction of NPP, as before, and I often informed him of the work progress and asked his advice and support in resolving engineering and organization-related questions. Apparently, there are at least two uncertainty phases and two clarity phases in any innovation: the first uncertainty appears when people do not know anything of the subject; then the first clarity is felt, when everything seems

wonderfully obvious; this is followed by the second vagueness period — one realizes clearly, that essentially, he had not known the subject, whereas he was sure he had; and finally, there appears a mature knowledge when one is on top of issues. In the period described we, participants of the activities for creation of NPP, were most probably in the "first clarity" phase. However, the number of problems to be resolved was increasing in the course of works on the reactor. And we were feeling somewhat comfortless, literally chilly in the spine, when we imagined quite possible incompatibility of engineering solutions, that were ready, with the new circumstances not taken into account before.

In the course of a further development of the project, which proceeded in parallel with the construction of the building, numerous problems appeared. Thus, Theoretical Department was investigating special, the most complicated issues of theory of thermal neutron reactors. Principal analytical studies on the NPP were fulfilled by M.Ye. Minashin and collaborates at the Department of A.K. Krasin. Experimental data on nuclear reactions were refined continuously. The methodology for reactor calculations was upgraded as well; the object had very complicated structure of cells where fissile material — enriched uranium — was placed. That is why the studies on the reactor fuel loading<sup>\*</sup> were continued until the reactor commissioning, together with those on the core lifetime and parameters of absorber rods to control the nuclear reaction. This resulted in the variations of physical data of reactor vs the initial design. The calculations of high burn-up of nuclear fuel and upgraded theory of reactor control rods should be pointed out specially. The most interesting theoretical problems were related to the analysis of reactor transients in the modes of its heating up and cooling down and in possible accidents in the core (e. g., water ingress the graphite stack, etc.). Thus, the fundamentals of reactor dynamics were laid down.

The verification of divers preliminary data on the experimental rig (the NPP reactor core assembly made of graphite, uranium and water) produced by A.K. Krasin and B.G. Dubovsky was of paramount importance<sup>19)</sup>. Although because of a number of circumstances the facility

<sup>\*</sup> Reactor loading means the amount of nuclear fuel loaded at a time into the reactor. Reactor lifetime is the time period during which the reactor is operating at full capacity without fuel replenishment.

accurately reproducing the real reactor core could not be assembled, the data obtained therein inspired us with a confidence in the precision of theoretical calculation. Uranium fission chain reaction was performed for the first time in Obninsk on that test rig on March 3, 1954. Another pressing problem was the development of fuel element design\*. There was a need in removing heat from the reactor core at a high, unprecedented heat flux from uranium to water under the conditions of high neutron flux. An early failure of fuel elements as a result of corrosion or superheating and their potential melting would have meant propagation of activity towards the primary cooling water circuit or the graphite stack. Both could have been a severe accident. Therefore, reliable and long-term operation of fuel elements during the whole cycle is the basis of effective operation of the power reactor as a whole. Many research institutes participated in the solution of this most complicated problem.

The decisive success was achieved by the Technological Department in Obninsk headed by V.A. Malykh. V.A. Malykh proposed elements filled with a uranium-molybdenum alloy powder dispersed in a magnesium matrix. Magnesium provided a good thermal contact between the main alloy (uranium-molybdenum) and a water-cooled steel cladding of fuel element. This type of elements passed all tests successfully. At the Kurchatov institute a small model of NPP reactor was developed — a "loop"\*\*, where the operation of new fuel element in a neutron flux simulating the future NPP reactor conditions was investigated. The testing of fuel elements in this "loop" as well as on thermal test rigs demonstrated that V.A. Malykh's product sustained the required thermal loads without failure. One more test rig was built in Obninsk as intended to study the behavior of fuel elements under the conditions of hypothetical accident. In B.A. Zenkevich's laboratory we observed the fuel elements artificially thermally overloaded to break with a crash, sparkling firework and puffs of steam\*\*\*.

Later V.A. Malykh organized the production of these fuel elements at the factory having developed within a short period time an absolutely new manufacture which required high precision, purity and reliability.

The reactor "working channels" — long graphite cylinders were designed under N.A. Dollezhal's supervision. Thin-walled steel tubes with water flowing therein under a high pressure were located inside them. A layer of uranium-molybdenum alloy surrounded these tubes. These were the fuel elements. The water was heated up to the temperature of 270 °C at the pressure of 100 atm., and was fed into the heat exchanger ("primary circuit"), where its heat was transferred to the other water ("secondary circuit"). It was the "secondary" water that turned into 12 atm. pressure steam supplied to the turbine\*\*\*\*. Welding presented a major problem, in particular, that of thin-walled steel tubes. The reactor was literally packed with them and the number of welds was huge. At the same time water leaks into the graphite stack were inadmissible. Therefore absolutely reliable methods of welding were required. They were developed by N.A. Dollezhal's Design Group and V.A. Malykh's Laboratory in Obninsk.

Thus gradually step-by-step the problems were being solved one after another leaving behind difficulties and concerns. At the same time defects and flaws were revealed here and there. One day a discussion with N.A. Doilezhal's participation on the selection of value of a gap between the reactor channel and graphite stack lasted till late at night: graphite swells when induced by neutrons; in order to withdraw the spent channels with "burnt up" uranium a proper gap has to be ensured; but in this case the heat removal from the reactor graphite stack will degrade and it can overheat. Experimental data on graphite swelling were rather scarce, and we really feared that we had designed a nuclear power plant where the spent fuel elements could not be removed and fresh fuel loaded. We had to rack our brains over in order to settle this "minor" problem in a reasonable way.

\* Fuel element is a structural element containing fissile nuclear fuel. It is necessary to remove the heat generated inside the element. In the case under consideration, heat is removed by water having temperature of 270 °C and pressure of 100 atm. The word for fuel element in Russian, which reads "ТВЭЛ", came into being in Obninsk.

\*\* A "loop" usually means special device in the reactor providing independent heat removal from tested fuel elements and channels.

\*\*\* Such accident never occurred during the NPP operation.

\*\*\*\* Such two-circuit system, later accepted at other NPPs, was chosen to meet the requirement of absolute elimination of radioactivity release to the turbine hall.

One more example: at first the channels when installed in the graphite stack were not sealed properly; apparently there was some defect in the structure, so the helium leak detectors indicated the lack of vacuum-tight sealing. One outstanding engineer and organizer participating in the NPP assembling decided to apply his remarkable physical strength. But, alas, the result appeared quite unfortunate: the edges of sealing cups were damaged, a few complicated and valuable units failed. The attempts to repair them using "home

remedies" were to no avail. The fitters headed by V.F. Gusev found the way out. They proposed that the sharp edges of cups should be cut off completely. The solution turned out exceptionally successful and later this modification was implemented in all channels. The leaks disappeared. The highly skilled workers — experts in their job, essentially formed the success of assembling and efforts on NPP mastering at all stages. Especially, the names of L.N. Sutugin and I.E. Semenov have been retained in my memory.

## 5. STARTUP

The difficulties fortified the enthusiasts and were giving birth to skeptics. However, there seems to be no new activity the skeptics have not been predicting a failure or expressed doubts in its expediency. At one time, when the NPP was under construction the entire purport of the project was called into question. A team of scientists rather authoritative and knowledgeable of the project uttered an opinion on cessation of work based on the fact that the plant would not be cost-effective (as if at that time it was a matter of economic feasibility), etc. Fortunately for this major project I.V. Kurchatov, at that time the head of the entire nuclear science in this country, did not share this opinion and supported the project for the second time. "You should not hesitate, go on working", — Igor Vasilievich said then. His opinion was supported by the Executive of the Atomic Committee attending that meeting<sup>20</sup>. Later I.V. Kurchatov came to Obninsk to participate personally in the commissioning activities. He was hurrying us to load uranium to the reactor to make sure as soon as possible that we, the Obninsk specialists had not miscalculated the critical mass of reactor (I suspected that I.V. Kurchatov did not rely on our calculations). To our great pleasure the reactor came to life just at the critical mass our theoretical calculations had assigned to it. The chain reaction of uranium fission was initiated in the reactor.

This event took place by the evening on May 9, 1954, in the presence of I.V. Kurchatov and other Startup Committee members. It was a so-called "first criticality". The reactor capacity was still scanty, but neutron density distribution in the reactor core and control system operation (manual and automatic) could be investigated and compared with the calculations. However, low as the operating power of the newly born reactor could be, it should be kept in mind that a minor mistake

in control results in reactor run away. A steam explosion and reactor destruction would be the consequence of this mistake. Therefore it is as interesting for a scientist to work with a new reactor as for an animal trainer to tame a tiger recently delivered from the taiga: it has to be tamed. This work fell to the lot of A.K. Krasin's Department personnel and the operating personnel of the nuclear power plant available by that time — N.A. Nikolayev, Head of the Plant, N.A. Grigoriantz, Chief Engineer of the Plant, and others.

The reactor power was increasing step-by-step and eventually somewhere at the co-generation plant building where the reactor steam was supplied we saw a jet escaping from the valve with a ringing hissing sound. A white cloud of ordinary steam which in addition was not hot enough to rotate the turbine seemed to be a miracle to us: it happened to be the first steam generated with a nuclear energy. Its generation served as the cause for embraces, congratulations with "light steam (in the steam bath)" and even tears of joy. I.V. Kurchatov shared our rejoicing; he also was participating in the activities at that time. Upon generation of steam at the pressure 12 atm. and temperature 260 °C, the study of all NPP units under the conditions close to the design ones became feasible, and on June 26, 1954, in the late shift, at 5.45 PM, the valve for steam supply to the turbogenerator was opened, and it began generating electric energy from the nuclear reactor. The world's first nuclear power plant was placed under industrial load. The electric generator capacity reached 1500 kW. On June 27 the industrial and agricultural consumers of the surrounding regions already received electric energy from the turbine operating as a result of nuclear fuel burning.

By the evening of that day Acad. A.P. Alexandrov and the Executives of the Atomic Committee arrived in order to find out more about the

progress of work. In the pre-startup tense atmosphere we failed to think either about a ceremonial "ribbon cutting" or the festive banquet... Everything was going on impromptu. A tape recording of that night has been preserved: the voices of I.V. Kurchatov, A.P. Alexandrov, M.Ye. Minashin and others who gathered in my apartment can be heard. However, our concern for the nuclear first-ling was not over yet. Naturally there were many insignificant defects, which were remedied. But only one of them caused a serious concern: the control channels of the plant reactor made of tubes with very thin "stainless steel" walls leaked (steel aggressively absorbs neutrons, therefore its amount tends to be minimized). Water penetrated into the graphite stack, changing reactivity\* of the installation in a hard-to-evaluate way; decomposing at high temperature in the reactor it turned to a conventional detonating mixture capable of exploding.

In our presence the installation acquired rather suspicious properties and seemed to be unsafe. The ill-fated channels were withdrawn, they were pressurized and we were running past them quickly to see what had happened. After all, the channels were radioactive; it was impossible to examine them for a long time because of radioactivity. Minor jets of water were spouting through spider-like cracks: that is how some incomprehensible corrosion looked like, which was most likely radiation-induced. Replacement of the channels did not hit the target: therefore the result was not random, it recurred. We were aware of the need to strengthen the channel walls, but it would have taken many months to fabricate them. We were not allowed to go up to the design power, and the complete checking of the entire structure did not come off. One of the Atomic Committee

leaders gave an answer to my question on his impressions about our NPP, that it served no purpose. The last stock of faulty channels was loaded in the reactor. The time went by, and the result was already foreseeable. Something had to be undertaken to pass a long period of standstill and not to shatter the faith to the final success among the people already tired by the strain of the commissioning period.

A meeting was convened in the office of N.A. Nikolayev, Director of NPP, and I raised a question about the need to gain full power. A decision was made to put a potential accumulation of this "detonating mixture" under the most strict control and reach full power in order to test the reactor, heat exchangers and turbine. A few hours later I responded to the Administration inquiry: "The reactor power is 100%, the turbine produces 5 000 kW; all according to the design". It was in October 1954. Later we never encountered such complicated situations. Thin-walled tubes of faulty channels were replaced by stronger ones, and then control rods cool-down was cancelled owing to their replacement by heat-resistant ones. One day all power supply in the city but the NPP happened to be de-energized (for technical reasons) and Obninsk appeared to be the first town in the history of humankind whose inhabitants cooked their morning breakfast on uranium fission energy. Soon it was followed by numerous visits of the scientists and engineers as well as Government officials to our NPP, who were interested in familiarizing themselves with the nuclear power plant. Among these delegations was a delegation of English power engineers. One of them a well-known power engineer B.L. Goodlet said to his colleagues: "They did the historical job".

## 6. 20 YEARS of NPP OPERATIONAL EXPERIENCE

The nuclear power plant in Obninsk has been in operation for as long as 20 years. The very fact of NPP trouble-free operation over such a long period of time without any detriment for the environment and population is of paramount importance. Now that large size nuclear power plants are being constructed all over the world, an example of the first NPP constructed in this country appears not only encouraging, but also interesting and instructive from the solely technical standpoint. Indeed, some vital components of that plant over the period of 20 years have been exposed to long-

term radiation, temperature fluctuations, corrosion and deposit, however remained intact. The plant has also proved nuclear safety of a channel-type water-cooled power reactors. This part of the matter at the current level of nuclear power development when many large size reactors are constructed in the populated area, and even in the vicinity of big cities, is most essential. Over the same period the feasibility of high burning out of uranium-235 in nuclear fuel was proved which is very important for the cost performance of nuclear power plants. Special "loops" were built in the Ob-

\* Reactivity of nuclear reactor is its capability of maintaining a chain reaction.

ninsk NPP reactor, where pilot channels for larger, advanced power plants were investigated.

As noted above the steam parameters for the first NPP were lower than the average ones accepted in the state-of-the-art turbines. Subsequently water boiling regimes were implemented and researched directly in the reactor tubular fuel elements. A "loop" aimed for research into coolant (water) boiling heat transfer was developed, and in 1957 the steam was superheated in the reactor and the steam parameters increased to the temperature 370 °C and pressure 85 atm. (instead of earlier 270 °C and 12 atm.). A detailed analysis of operating conditions with boiling and steam superheating formed the basis for designing large-size channel-type graphite-water power reactors for the Beloyarsk NPP named after I.V. Kurchatov (reactor capacity of 100 thousand kW and 200 thousand kW), Bilibino NPP (reactor capacity 120 thousand kW) and Leningrad NPP (reactor capacity 1 MW). A.N. Grigoriants, M.E. Minashin, G.N. Ushakov, L.A. Kotchetkov and others took an active part in this work. The fact that the tube type fuel elements have demonstrated complete reliability without a single failure under normal operating conditions over the NPP lifetime is of paramount importance.

At the same time the possibility of high nuclear fuel burnup was proved: it turned out possible to produce 30 thousand MW-days thermal energy using 1 ton of low-enriched uranium. To design large size-power plants to be located in the vicinity of big cities it was essential to draw a conclusion which followed from a long-term operation of the World's First NPP on its complete radiation safety both for the operating staff and neighboring residential communities. There was not a single case of radioactive contamination either of the river or air. The continuous operation of Obninsk NPP in addition to its engineering and economic significance was of even greater importance for training personnel in nuclear power engineering. At the very beginning of NPP operation the engineers qualifying themselves for operating future nuclear power installations and development of new designs received their training at the Plant. Later many of them became the leaders and administrators in the new area of engineering — nuclear power engineering, N.A. Nikolayev and A.N. Grigoriants among them.

The first nuclear power plant in Obninsk disproved all skeptical judgments and predictions with regard to the significance of its influence on all the future of nuclear power engineering in the

world. Even after the NPP commissioning the proposals were put forward as to its shutdown. These proposals were the evidence of incomprehension that accumulation of maximum long-term operational experience with a small-size pilot station as the first NPP appeared to be vital for confident designing of future large size NPPs. In designing large-size co-generation plants normally the depreciation period is taken not less than 25 years. With reference to nuclear co-generation plants it is as yet the first NPP practice that gives grounds for assessment of the possible lifetime of nuclear power reactor.

This is a brief outline of the 20-year operating history of the first NPP and its principal results. Many people may find it surprising that the project proved to be a success - the project implemented in the period when the data on nuclear reaction constants, material behavior under neutron and gamma radiation were extremely scarce, though, at the time when the data on corrosion and deposit buildup were lacking, heat transfer at a high heat flux was at the early stage of research, and the methods of reactor analysis had not been brought to the degree of perfection currently provided by the computers with their enormous capabilities. I believe that it would be incorrect to attribute this success merely to a fortunate coincidence.

There is no doubt that the success was based on a general high level of our Soviet industry and technicians-and-engineers. This is just the basis which made it possible to obtain highly pure graphite, high quality thin-walled steel tubes, pure materials required for fabrication of fuel elements and many other NPP equipment elements including electronics. Essential experience accumulated by that time at I.V. Kurchatov's Institute and in N.A. Dollezhal's Group also formed the basis of the success. As a physicist I knew for a long time that any achievements in science rely not only on the precise knowledge, but also and largely on the scientific intuition, i.e. brainwork based on the knowledge of phenomena and concepts. In the course of our joint work with such outstanding designers and engineers as N.A. Dollezhal, P.I. Aleschenkov and V.F. Gusev I was able to make sure that their success was resting on the same two bases as in the case of a physicist: precise knowledge supplemented by the intuition. Without it in many situations we could be incapable of making a decision however indispensable for the headway. These were the factors, which conditioned the success of the first NPP.

## 7. THE FIRST GENEVA CONFERENCE ON THE PEACEFUL USE OF ATOMIC ENERGY

In summer of 1955 the first International Scientific and Engineering Conference on the Peaceful Use of Atomic Energy was convened in Geneva for the implementation of the program "Atom for Peace". The activities for the research into atomic nucleus and particularly uranium fission reactions, which preceded it, had been classified by that time in all the countries, since the problem entirely belonged to the defense aspects. Few articles and monographs normally contained the information suggested to be a passed stage for other scientists.

The session in the USSR Academy of Sciences proved a rehearsal to the International Conference for the Soviet physicists, where for the first time the nuclear scientists delivered presentations, in particular on the startup of the country's first reactor. I.V. Kurchatov was listening to the reports on the preparation of papers, asking questions, giving advice, joking, — in short he was in a cheerful mood. One of our distinguished physicists spoke at the meeting. His presentation seemed excellent to us, however I.V. Kurchatov commented: "You are using a term "cross-section". Quite a few biologists and physicians are present at the general meeting of the Academy, they can understand it as if you operate on somebody. You should speak in such a way that it be clear to everyone. But a little bit of obscurity can be left, so that the others would not think that there is no sapience in our area". The presentation on the first NPP construction, commissioning and operation was prepared by the author of this essay in collaboration with engineer N.A. Nikolayev, Director of the plant. I.V. Kurchatov and B.S. Pozdnyakov took the most active part in preparing this important document. Whereas I was entrusted to deliver the presentation.

A lot of publications on the Geneva Conference are available". Therefore I will touch upon some details. The favorable attitude of the Organizing Committee at the Conference to our presentation was shown by way of placing it first on the agenda of scientific and technical presentations, and it was given some extra time. The rumors were set afloat among the Conference participants that the presentation on the Soviet

NPP was merely propaganda, and the Soviet scientists would not report anything to the point. As a matter of fact the paper was devoted to strictly scientific and technological issues and based on the precise facts, and very careful predictions and promises were made for the future. Nevertheless the presentation made a great impression on the audience of as many as thousand of people. It was apprehended as an evidence of the possibility to make a total change in the nuclear energy use from war to peace, as a narrative on the feasibility of radical settlement of energy problems all over the Earth. Despite the prohibition of applauding by the Conference rules, the end of the presentation received a great ovation. An American reactor physicist Zinn mounting the rostrum towards me congratulated me on the success and thus caused a new burst of applause in the Conference hall.

At that time we did not fully realize that all these were the first steps towards the peaceful cooperation of scientists, which now seems more and more reassuring. However, there were other tendencies as well. Thus, the wife of E. Fermi, an outstanding physicist of our time, Laura, being a kind of a Conference chronicler on the part of the U.S., gave an extremely biased and incorrect description to us the Soviet scientists. In particular it follows from her book that it was Zinn's presentation that was the principal one. In fact the American physicist spoke about the experiments with a pilot boiling reactor, which was of interest for the specialists including us. But it could not compete with our paper on the first NPP which demonstrated a possibility and expediency to turn the entire activity on atomic energy research towards its peaceful use, and precisely complied with the spirit and sense of the Geneva Conference, the climate of opinion of most Conference participants. It followed from our presentation that besides antihuman and suicidal application of nuclear energy a completely different activity aimed for the good of the people is possible. No nuclear power plant was available in the U.S.A. at that time, and they concentrated all their efforts exclusively on military aspects. That is why they were not able to submit to the Conference anything that could be commensurable with

\* Cross-section is a measure of nuclear reactions probability expressed in dimensions of the target to be hit in order for the nuclear reaction to occur.

\*\* See, in particular, V.S. Emelyanov, *Atom and Peace*, Moscow, 1964 and V.I. Orlov, *Mighty Atom*, Moscow, 1968.

the presentation on the World's First NPP. That was our political gain unplanned beforehand, however it was arising from the very nature of our socialist society.

The Geneva Conferences on the Peaceful Use of Atomic Energy were held one after another with an interval of a few years. In particular at the 2nd Conference (1958) A.K. Krasin reported on the experience in high burnout of nuclear fuel at the World's First NPP. No one else carried out such experiments. The last of these Conferences, the 4th one was held in 1971. It is essential to mention that the consideration of nuclear power planning issues at those Conferences resulted in a more profound study of the problem of energy resources on the Earth as a whole. As a result of this study a non-triviality of the entire problem was determined. Today more than a hundred large-size NPPs are in operation in the world, and

their number is rapidly growing. As yet these are basically thermal neutron NPPs, which burn out a rare isotope of uranium-235. The next generation of fast neutron NPPs, hopefully, will allow the basic isotope of uranium-238 to be used, the quantity of this isotope in nature is 140 times more than that of uranium-235. It will essentially increase the world stocks of nuclear energy. There is a chance that the energy sources accessible for the mankind on the Earth will receive a further expansion based on the fusion process investigation. All this arouses interest, especially as many predictions based on the steady-state energy consumption growth rate and population growth rate result in rather alarming conclusions on the possibility of a disastrous situation both with the energy sources and energy production waste (in the form of heat and radioactive slag) in the medium-term perspective (100-200 years).

## 8. VISITS TO OBNINSK

Just soon after the NPP commissioning, it became the Mecca to all those interested in this newly appeared phenomenon. There were high governmental delegations headed by prominent political figures who were willing to be informed of the NPP and its potentials and related perspectives at first hand; scientific and engineering delegations whose purpose was to know every detail of this facility, as well as delegations from various organizations whose aims were of general education character. It would be useless to attempt a full coverage of all those visits, so I'll touch upon just several of them. The delegation of power engineers and experts from Great Britain led by B.F.J. Showland, a Supervisor from the UK Atomic Energy Authority, has been mentioned above. They were interested in every detail of the nuclear facility and methods for its operation. That experience was of particular importance for them owing to the construction of nuclear power plant in England. The guests wrote the following in the registry for honorable visitors: "The delegation of the UKAEA signifies admiration of the work fulfilled by Professor Blokhintsev and his colleagues with gratitude for their hospitality. The delegation expresses a desire to strengthen friendly cooperation for the peaceful use of atomic energy in the future" (November 18, 1955).

A delegation of scientists from German Democratic Republic headed by R. Rompe visited the nuclear power plant also in 1955. The note left by them reads: "Our delegation from the GDR

regards the invitation to visit the World's First Nuclear Power Plant and sends its cordial congratulations to Soviet scientists, engineers and workers on the great implementation for peace". The plant was visited by a group of scientists from GDR, headed by G. Hertz, a famous German physicist. We had been in kind relations with G. Hertz for many years by that time. However, I had a steady impression that methods of research work management in our country (as well as in others) were indispensable objects of his humor and sarcasm; he thought them to be far from perfect. That is why it was especially pleasant for me to show the NPP, its operation being based on our ideological traditions and our established order. G. Hertz wrote in the guests register: "I have heard and read very much about NPPs; what I've seen here, exceeds all my expectations"... Later, an experimental reactor for physical research was constructed in GDR with the support of Soviet scientists and enterprises.

In June 1955 Jawaharlal Nehru and his daughter Indira Gandhi arrived to the NPP; they were accompanied by Ambassador of India in the USSR K. Menon and Soviet authorities led by A.I. Mikoyan. That was my first experience with a diplomatic reception. J. Nehru looked somewhat tired; however, we were impressed by his feature of enlightening, as if from within, so his vis-a-vis could feel the depths of the soul and mind of this person. I. Gandhi is indelibly photographed in my memory with her charming

modesty and chastity. J. Nehru asked the reason for using just ordinary water in our reactor, whereas H. Bhabha\* was going to use heavy water (which is very expensive) in the Indian project. So, I had to go into technical details in my explanations. J. Nehru visited our institute, and all personnel came out of the laboratory rooms to greet him. He noted that all those people were young and asked whether the institute was educational or research entity. The answer was that it was purely research institute; J. Nehru was impressed by the youthfulness of the collective. In my conversation with J. Nehru I said that we knew very well the Indian physicists, who contributed to the modern science; the Indian writers, first of all, R. Tagore, were known in our country. I mentioned that a union of very high ancient Indian culture with the advanced science and engineering would bring India to a real flourishing. Which was responded by J. Nehru: "We are aspiring this way of development; however, our urgent tasks now are to overcome the poverty, illiteracy, and illnesses". Before his departure J. Nehru left a note: "I am glad to have the opportunity of familiarizing with your plant, and I am full of enthusiasm: this gave me a chance to see the future, which is opening before us".

Another person who left a lasting impression was Ho Chi Minh (his visit took place in July, 1955). The most amazing quality about him was not his benevolence to people, but his utmost kindness. It was hard to imagine that there before us stood the jungle guerilla, a terror for the invaders, the leader of his great people... When visiting the plant, he said, "It is still future for my people; right now we have to win!" Then I reminded him that V.I. Lenin took an active interest in electrification even in the hardest years of our country, although it was widely thought to be a mere fantasy. We know that now this great nation can finally begin the peaceful construction. The NPP workers told me that they were glad to see Ho Chi Minh's affability, which I have noticed, too. Indeed, he greeted everyone and kept repeating, "Be prepared!"... Ho Chi Minh wrote in the NPP visitors' book, "Imperialism uses the power of atom to destroy people. The Soviet government uses this power for the happiness of people all over the world. The universal peace will certainly win."

To conclude these brief notes about the visits to the NPP, I will say a few words about the arrival of the General Secretary of the Italian

Communist Party, P. Togliatti. He was very curious and asked a lot of questions about the plant. He was interested in economic and security matters. P. Togliatti told a lot about the political life, social and economic problems of Italy. We, his interlocutors, were left with an impression of him as a highly educated person, keeping aloof of stereotyped thinking...

When an idea overwhelms the masses, it becomes a material force itself. Formerly, it was a property of few people. Earlier, it was not even born. Many people were convinced that the Earth is a sphere long before the Columbus' and Magellan's voyages. Its radius was rather accurately measured by Eratosthenes way back in antiquity. Much later, this idea was persecuted by the inquisition. But it is precisely the great voyages of XV-XVI centuries that made the idea of Earth's sphericity an asset of all more or less educated people and lead to profound alterations in the world outlook of people. Nowadays, the space flights, starting from the historic mission of Yu.A. Gagarin around the Earth and the flight of F. Borman with his colleagues to the Moon, made the smallness of the globe clear to everyone and proved all the absurdity of war as a way of solving disputes between nations. They revealed the acuteness of demographical and ecological problems common to all people inhabiting our small blue planet. These important notions and ideas are far from new, but it is thanks to the space flights that they became a public domain and thus are becoming a great force.

All this can be applied to the nuclear energy, too. After the discovery of uranium fission chain reaction it became obvious that in principle it was possible to produce electric power using the heat released in nuclear reactor. Feasible technological arrangements and flowcharts for NPP were also essentially clear. Only one thing remained: we had to figure out how we can create an operational plant which is radiation-safe, reliable and economically efficient. The possibility of nuclear explosions and readiness to use the nuclear energy had already been demonstrated by the American military in Hiroshima and Nagasaki. [...]

The commissioning of the World's First NPP in the USSR made a breakthrough in the people's conscience, bringing the idea of feasible peaceful uses of atomic energy a social force.

*Published in The Issues of History Journal. 1974, No.6, pp. 106-121.*

\* At that time, the construction of experimental reactor with heavy water was started in Bombay. We used light water, but enriched (instead of natural) uranium.

## Compilers' comments

<sup>1)</sup> The article was prepared by D.I. Blokhintsev in connection with the twentieth anniversary of the NPP for the readers of humanitarian journal of Academy of Sciences of the USSR. Therefore, the operation principles and scientific and technological problems emerging in the course of plant building are described as simply as possible. The paper dates back to the period when the essential part of the Soviet Nuclear Project history remained classified and could not be used in general publication. Certain parts of the paper are slightly ideologized in accordance with the Soviet tradition and the specifics of publications in humanitarian journals. All the above doesn't deemphasize the importance of the paper as a historical source of information. This is followed by certain updates and supplements to the original text related to above considerations and other circumstances.

<sup>2)</sup> Highlighted by the author.

<sup>3)</sup> Probably it is an error. These issues were extensively discussed for the first time in the USSR in November 1939 in Kharkov at the 4-th All-Union Meeting on Atomic Nucleus. The meeting in Moscow was held in November 1940.

<sup>4)</sup> This is referring the Ya.I. Frenkel's paper "Electrocapillary Theory of Heavy Nuclei Fission by Slow Neutrons". (ZhETF, 1939, v.9, #No.6, pp. 641-653).

<sup>5)</sup> With the beginning of the War, all USSR activities in atomic nuclei were suspended. The work was resumed at the Direction of the State Defense Committee No.2352ss dated September 28, 1942, owing to the ample information received by the USSR intelligence agencies concerning the U.K. and U.S. efforts in nuclear bomb development.

<sup>6)</sup> At an early period mentioned therein, Kurchatov Institute of Atomic Energy was named "Laboratory No.2 of the Academy of Sciences of the USSR".

<sup>7)</sup> At the period mentioned therein (1942—1943), the Leningrad Physics and Engineering Institute was in evacuation in Kazan.

<sup>8)</sup> Before the War the most important studies on nuclei were carried out primarily in the Ukrainian Physics and Engineering Institute (UPhTI) where the USSR first Atomic Nucleus Laboratory was founded, in the Radium Institute, Leningrad Physics and Engineering Institute (LPhTI), and Institute of Physics the Academy of Sciences of the USSR. The author has in mind the young physicists from UPhTI and LPhTI involved in this area of research.

<sup>9)</sup> What is meant here is the startup of the USSR first nuclear reactor F-1 in Laboratory 2 on December 25, 1946.

<sup>10)</sup> What is meant here are the scientific organizations established by the Special Institutes Administration (Administration 9) of the USSR People's Commissariat of Internal Affairs (NKVD) in 1945-1946 (Institute "A", Institute "G", Laboratory "B", Laboratory "V") with an aim to organize the German specialists' work on Atomic Project in the USSR.

<sup>11)</sup> This implies Laboratory "V", where since 1946 a group of German specialists worked under the supervision of H. Pose, a German physicist, the first Scientific Supervisor of the Laboratory. A.I. Leypunsky supervised the activities in the Laboratory as the Deputy and Scientific Director of Administration 9 of the USSR People's Commissariat of Internal Affairs (NKVD). D.I. Blokhintsev also worked in this Administration. Speaking about the irrelevance of Laboratory "V" activities, the author had in mind that they were not directly related to the main objective of that time, i. e. nuclear bomb development. Laboratory "V", created within the framework of the Soviet Atomic Project, was not directly involved in the creation of nuclear weapons, but performed individual tasks for the PGU (radiochemical studies, creation of emission sources and reagents).

<sup>12)</sup> In 1945-1946 in Leipzig at the request of the officers of Administration 9 of NKVD, who conducted negotiations with H. Pose, he worked out his proposals on the scientific subjects of Laboratory "V" to be established, with one of the principal tasks being construction of "self-propelled uranium machine", i. e. development of power reactor for a transport system. Therefore as early as in 1946 – beginning of 1947 Laboratory "V" was involved in the research of the possibility to create a "uranium machine with enriched uranium and light water" "generating energy in the technically applicable quantity". Thus, the country's first institute on power reactor development was founded from the very beginning in Obninsk, and the disputes on the scientific subjects were related not to the selection of directions, but the choice of the type of pilot reactor.

<sup>13)</sup> O.D. Kazachkovsky was the IPPE Director in 1973—1987.

<sup>14)</sup> What is meant here is the so-called production reactors, i. e. the reactors producing bomb material. The country was lacking experience in power reactor development at that time.

<sup>15)</sup> It concerns analysis of AM reactor neutronics performed by P.E. Nemirovsky and Yu.N. Zankov under the supervision of I.V. Kurchatov and S.M. Feinberg.

<sup>16)</sup> The turbine required for the first NPP was characterized by low steam parameters and was not produced any more. Such turbine, created in 1913 by the German company "MAN", was found at one of the power plants

in Moscow (GES No. 1). The operating parameters of the turbine conformed to the parameters of the AM reactor. After the reconditioning repair at a plant in Kharkov the turbine was installed at the heat and power plant of Laboratory "V" in 1953 and was in operation until 1972.

<sup>17)</sup> Nevertheless the problem of scientific personnel at that period of time was rather acute, which was clearly shown in D.I. Blokhintsev's letter to FCA in December 1951: "I report that there are only three persons capable of performing scientific supervision at Laboratory "V", namely: A.I. Leypunsky, A.K. Krasin and D.I. Blokhintsev. As for the rest, the laboratory is staffed with young specialists of little experience. On the other hand, taking into account the responsibilities assigned to the above mentioned people by the governmental decision, referring to the design and construction of various installations and calculations on a special issue, then the scope of work already received goes far beyond the ranges of any normal workload, when a reliable routine supervision could be afforded".

<sup>18)</sup> Decision to construct three prototype power reactors in Laboratory "V" (water-cooled uranium-graphite reactor, gas-cooled uranium graphite reactor and uranium-beryllium reactor cooled with gas or molten metal) was made by the USSR Council of Ministers on May 16, 1950. On June 29, 1950, N.A. Dollezhal was appointed Work Manager on the development of new types of nuclear power plants for energy generation and for vehicle systems with D.I. Blokhintsev as his Deputy in charge of physics and B.M. Sholkovich as Deputy in charge of engineering.

<sup>19)</sup> This facility — the critical assembly of the AM reactor core — later named "AMF facility" was assembled directly under the office of D.I. Blokhintsev. Besides A.K. Krasin and B.G. Doubovsky, M.E. Minashin, Yu.A. Sergeev, V.Ya. Sviridenko, G.Ya. Roumiantsev, L.A. Matalin, G.N. Ushakov, M.N. Lantsov, E.I. Iniutin and A.V. Kamaev participated in the AMF construction and commissioning. Z.M. Kurova, S.I. Shagalina, L.Yu. Dolskaya, and V.M. Stroykova participated in calculations.

<sup>20)</sup> Apparently, the author means L.P. Beriya, the Chairman of the Special Committee, who supervised all the activities on nuclear power, or B.L. Vannikov, the Head of the FCA.

## THE FIRST NPP CREATION AND THE INITIAL STAGE OF ITS OPERATION <sup>1)</sup>

A.K. KRASIN

In the development of nuclear power reactors that was initiated in the Soviet Union in 1948 the key role was played by Academician I.V. Kurchatov. The Institutes headed by I.V. Kurchatov and N.A. Dollezhal, i. e. the Institute of Physical Problems of the Academy of Sciences of the USSR and the Institute newly established in Obninsk, later called as the Institute for Physics and Power Engineering (IPPE), actively participated in that work<sup>2)</sup>.

This period is described in numerous monographs and articles. The author of the given article had participated in the work since its very beginning, having been the Obninsk Institute Deputy Director for Scientific Research since 1946.

The decision to concentrate efforts on developing a nuclear power plant design was made

in 1951, and the Obninsk Institute was entrusted to be its Scientific Supervisor. It was decided to construct the NPP in Obninsk. D.I. Blokhintsev was nominated as the Institute Director; it was he who was also a project manager responsible for NPP design and construction as well. I was nominated as a Deputy Scientific Leader and was responsible for coordination of experimental and analytical studies, personnel training, and preparation of techniques and equipment for NPP reactor start-up. During a short period of time the Department was set up consisting of several laboratories and involving specialists capable of working very efficiently. The Obninsk scientific team was to perform a wide scope of physical analytical studies, to conduct studies on thermal physics and to develop the main reactor component, i. e. its fuel element.

---

*Andrey Kapitonovich Krasin* (1911–1981), physicist, member of the Academy of Science, Belorussian Soviet Socialist Republic (1960). He was born in Tomsk. He graduated from Tomsk University (1934).

In the years of 1934–1940 he worked in the Siberian Physical and Technical Institute and at the same time he gave lectures in Tomsk University and Medical Institute (1935–1937). In 1940–1945 he served in the Headquarters of the Workers' and Peasants' Red Army Military Air Forces Long-Range Aviation. On January 5, 1945 he became a Senior Researcher in Laboratory No2, then, on February 21, 1946, he was appointed Deputy Head and in 1953 Deputy Director for Science. In 1956–1960 he was Director of Laboratory "V", Ministry of Internal Affairs, the USSR, (IPPE since 1960) in Obninsk. Since 1961 he had been holding the appointment of Head of Nuclear Power Department at the Power Engineering Institute of the Academy of Science, Belorussian Soviet Socialist Republic, and in 1965 he became Director of BAS Nuclear Power Institute. At the same time he was Professor of Belorussian University.

He worked in the areas of nuclear power and nuclear technology. He was Deputy Scientific Supervisor of the World's First NPP design as well as Scientific Supervisor of designing transportable TES-3 NPP and nuclear superheating reactors for Beloyarsk NPP. He was also a Supervisor in the work dedicated to development of scientific and technical fundamentals for the use of new types of coolant in the nuclear power (dissociating gases).

For his work he received numerous honors, namely: the Order of Lenin, the Lenin Prize (1957), the Gold Medal named after S.I. Vavilov (1974), the Gold Medal (1964) and the Bronze Medal (1968) of the National Economy Achievement Exhibition (VDNKh).

In 1950-1951 the Obninsk Institute team only started their creative life. In order to develop the NPP design it was necessary to significantly increase the number of physicists, technologists, thermal physicists. The additional staff mainly came as graduates from the MEPHI, Moscow State University and other institutions of higher education. Besides, the experienced engineers also joined the team. Such specialists as I.G. Morozov, A.N. Grigoryants, G.N. Ushakov, M.Ye. Minashin, B.G. Dubovsky, Ye.I. Streltsov, B.A. Zenkevich, D.F. Zaretsky and many others made a great contribution to the arrangement of work on NPP project.

The preliminary estimation of reactor physical parameters for the NPP being designed was carried out by S.M. Feinberg and P.E. Nemirovsky, specialists from Kurchatov Institute, who worked under I.V. Kurchatov's supervision. A thermal neutron reactor with graphite moderator was chosen as a basis for this estimation. Water under the pressure of 100 kg/cm<sup>2</sup> was taken as a coolant and stainless steel of X18H9T type was chosen as structural material. The choice predetermined the use of enriched uranium. The NPP two circuit concept was chosen with channel type reactor and turbine operating with the steam of 12 kg/cm<sup>2</sup> pressure and 260 °C temperature. The NPP electric power was assumed to be 5 thousand kW and thermal power was 30 thousand kW. These parameters were implemented in the constructed NPP. However, the initial physical characteristics for the NPP being designed could not be kept because the fuel element type and design had not be determined, the reactor full loading requirements for the cycle were not clear, the control system and many other engineering components needed detailed calculations.

It was M.Ye. Minashin, a MEPHI graduate, who took charge of physical calculations. He was very knowledgeable in the methods of reactor analysis and general physics issues. Now it is next to impossible to believe that such a wide scope of calculations was performed by means of a very simple technical support. It was only the onset of electronic computers' time. Calculation methods were elucidated in several articles. Let me dwell upon the set of experiments carried out in confirmation of calculation correctness.

When discussing the calculation results, we recognized the necessity to verify them by tests on the critical assemblies whose material composition was close to that of the NPP under design. At that time in my laboratory there was about

25 tons of pure graphite in the form of prismatic blocks with lengthwise openings. We used this graphite, stainless steel tubes and U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> powder of 10% enrichment to make fuel elements for this critical assembly. In order to simulate coolant, we introduced a certain amount of water into the tubes. Today we can say that according to the current norms of technical culture the experiment on the critical assembly was prepared in unfavourable conditions. In terms of assembly location and process control conditions our tools resembled the conditions of Fermi's experiment with the first reactor under the stands of Chicago sports stadium (the known photo of the reactor and a group of experimentalists near the graphite stacking). In spite of that the experiment was a success. B.G. Dubovsky and G.N. Ushakov directly controlled the assembly. Several configurations of assemblies were studied. The main result of the experiments showed that the calculations performed by M.Ye. Minashin and his colleagues demonstrated a satisfactory agreement with the experimental data on critical mass. That conclusion encouraged us. The assemblies were also used to study the effect of cooling water layer on the compensating power of boron rod. Calculations were performed by D.F. Zaretsky. He used the calculation technique of his own. The experiments confirmed the acceptability of calculated values for the design.

The great work on developing fuel elements was carried out under V.A. Malykh's supervision. V.A. Malykh started his creative work in Obninsk with development of beryllium oxide sintering technology. For this purpose, he designed a high-temperature vacuum furnace and brilliantly coped with the fabrication of components of a sophisticated shape made of BeO. For his work on developing fuel elements, V.A. Malykh designed and constructed the facilities that served as prototypes of the plant equipment. Within a short period of time, he set up a team of physicists, technologists and designers. The new Department activity was going full blast.

With great satisfaction I am recollecting this period of our work and my close relations and personal contacts with V.A. Malykh. In 1951-1954 when the fuel element industrial production was developed and arranged, I had to meet him and work with him a lot. Many times I was impressed by his capability of promptly finding the decisive solution out of many options of technological approaches. Let me give you two examples. At the very start of development, the tubular design of

fuel elements was approved. According to this design, the hollow metallic uranium cylinders were strung on the carrying steel tube with a drive fit and magnesium was poured into the gap between the uranium cylinders and the carrying tube and between the cylinders and outer tube. The fuel element performance was improved and the steel tubes, both the inner and outer ones, served as barriers preventing fission products release. It turned out that during thermal tests of fuel element models uranium cylinder voids demonstrated an adverse behaviour. In order to avoid these voids V.A. Malykh proposed that the cylinders should be ground in advance. That was the way how the fuel element perfect in terms of its thermophysical parameters was designed. It contained U-9 % Mo alloy grains (to decrease uranium swelling) poured with magnesium.

Meanwhile the nondestructive assay was required for fuel element components. At that time the task was to confirm that the variation of carrying tube wall size with the length of 2200 mm and inner diameter of 8.2 mm (the tube of 940.4 mm) was within the acceptance tolerance. V.A. Malykh invented more than a dozen methods and chose the mechanical testing of the tube by means of a stretched wire with a pin. The tube under testing went with a helical motion between the pin and a micrometer. The method gave the ideal result.

V.A. Malykh personally directed the fabrication of the first fuel element batch. Each fabricated fuel element was subject to testing at the thermal test rig. A wide scope of NDA methods being used in the laboratory was transferred to the factory conditions. The stringent requirements to NDA methods proved their worth. So did the fuel element design developed by V.A. Malykh and his colleagues<sup>3)</sup>.

The construction work at the site with the construction of NPP building started as early as in 1951. The building was being constructed together with the development of NPP basic and detailed design, thus significantly speeding up the fulfillment of the work on the whole. However it required great efforts.

The reactor design and NPP lay-out were developed by the team headed by N.A. Dollezhal. I remember numerous tests of separate structural elements of the reactor, fuel channel paths and operational principles of certain NPP systems. Let me quote an example. Each fuel channel of the reactor had an individual coolant supply. In case of a rupture of any of its tubes (the central tube

and four fuel elements) it was necessary to prevent water from releasing to reactor stacking. For this purpose in each channel path there was a check valve and a cut-off device. However each time when the defective channel was cut off it was necessary to continue removing heat from the channel fuel elements. The channel path design was discussed a lot because the operation of control and safety devices did not seem reliable. The reliability of channel paths was substantially improved due to the cut-off device design proposed by A.N. Grigoryants. The models were fabricated and tested. In the course of the NPP operation the cut-off device proved its worth.

Besides the NPP General Designer many other specialists made a great contribution in the development of NPP design. They were I.Ya. Yemelyanov, P.I. Aleschenkov, A.G. Filippov, A.G. Knyazeva, L.I. Lunina, B.V. Florinsky. The NPP was constructed during an extremely short period of time. A lot of the credit must go to D.M. Ovechkin and I.T. Tabulevich.

Preparation for the NPP start-up began in early 1954. I.V. Kurchatov was a member of the start-up commission. B.G. Dubovsky and I were chief physicists on duty during the start-up work. I.G. Morozov was to fulfil this work as well but he was elected as a leader of the Communist Party organization in Obninsk and could not work in shifts.

The mission of Chief Physicist on duty during the NPP start-up was very crucial. During the start-up period all the work in the NPP building was carried out only with the permission of this person. B.G. Dubovsky and I worked in turns in the round-the-clock shift, this work lasted during six months. It began before the NPP start-up and finished when the NPP achieved the steady-state operational conditions. Each Sunday someone else performed our functions (the start-up work discontinued) and after the rest we changed our shifts.

When participating in the start-up work I.V. Kurchatov made a lot of useful recommendations and gave important advice which we followed very strictly. The operation team had been formed by that time at the NPP. N.A. Nikolayev was the head of NPP, A.N. Grigoryants was a Chief Engineer, G.N. Ushakov, N.V. Zvonov, B.B. Baturov and Yu.V. Arkhangelsky were Shift Supervisors. In shifts there were many young engineers who were specially trained at their working places at the plant. Actually everybody was being trained because such a power plant had nev-

er existed before and we shared the "experience" with one another. The plant start-up was a great success. The TASS (Telegraph Agency of the USSR) communication published on July 1 1954 said: "On June 27, 1954 the nuclear power plant was put into operation and generated electricity for local industry and agriculture". The commercial NPP was the first in the world, it opened the new era in power engineering, the era of nuclear power.

So that was the beginning of the first NPP operation. During the early months of its operation the significant attention was paid to the adjustment of separate components and systems, the reactor physical parameter and the thermal operating conditions of the components and entire plant were studied in details, the devices that revealed the drawbacks in their operation were finally developed and adjusted. In October 1954 the first NPP was brought to full design power.

The period from the NPP conceptual design to its power start-up covered a little bit more than three years. It should be acknowledged that such a scope of work requires at least 6—7 years; I can recognize that on the basis of many years of my life and work.

What enabled the participants of the first NPP development and start-up to fulfill this work during so brief period of time? I think the following favourable reasons could be distinguished:

- a generally high level of science and technology achieved in the country by the early 50s;
- great attention that was paid to this work by the Communist party and State authorities;
- personal attention to this work paid by the outstanding scientists and organizers of the Soviet science, such as I.V. Kurchatov, A.P. Zavenyagin, Ye.P. Slavsky, V.A. Malyshev and B.S. Pozdnyakov;
- a high level of patriotism, responsibility and enthusiasm of all the work participants, their talent, thoughtfulness and a persistence in achieving the goal.

I think that after 25 years of the first NPP successful operation, we, the participants of its development and start-up, have all the rights to say that we have successfully performed our duty and our responsibilities each at his/her working place, we worked in concord and helped one another all the time bearing in mind that to cope with the task was our main goal. The successful start-up of the first NPP and its trouble-free operation glorified our domestic science and technology. The example of the first NPP demonstrat-

ed the reality of peaceful uses of atomic energy and accessibility of nuclear transformation use for energy generation at the technical scale.

Since the very beginning of the first NPP operation the experimental work has been widely initiated. The experimental results on studying water boiling and steam superheating in the reactor channels were of great practical value for further development of nuclear power. Under conditions of water boiling in a big number of parallel channels there was a probability of dangerous pulsation of coolant flow rate resulting in channel burn-out. The study of hydrodynamics in tubes with boiling water connected in parallel and heated by electric current made it possible to find an acceptable solution to transfer the channels into boiling conditions. The solution consisted in installation of an additional washer in the fuel element inlet. The study of steam superheating gave successful results and start-up conditions were tested in the loop with evaporating and superheating channels built into the reactor.

In 1958 I made my presentation about the first NPP operating experience and the operation of the channel-type reactor under the conditions of water boiling in channels on the UNO International Conference on Peaceful Use of Atomic Energy in Geneva. The report and the following discussion of the experiments on boiling aroused a great interest of the Conference participants. Practical mastering of water boiling and steam superheating conditions in channels gave grounds to use this technique for the following development of channel-type reactors built at the Beloyarsk NPP named after I.V. Kurchatov and Leningrad NPP named after V.I. Lenin.

Our motherland highly appraised the labour of those who created the first NPP. A large team of specialists participated in this work were decorated with orders and medals. D.I. Blokhintsev was awarded to the title of a Hero of Socialist Labour, I was decorated with Order of Lenin. In 1957 D.I. Blokhintsev, N.A. Dollezhal, V.A. Malych and I were given Lenin Prize.

A vast technical experience gained during the first NPP operation and a wide scope of experimental data obtained in a great number of experiments formed the basis for further development of nuclear power. The first NPP will remain in the history of science as a noble milestone in mankind aspiration for wellbeing and prosperity.

*Published by: "Atomic Energy", 1994, vol. 76, iss. 4, pp. 358-362.*

**Compilers' comments:**

<sup>1)</sup> The article was prepared by A.K. Krasin for the 25-th anniversary of the NPP.

<sup>2)</sup> What is meant here are the activities against the Resolution of the USSR Council of Ministers dated April 6, 1948 (No. 1127-402 ss) «The Plan of Special R&D Work for 1948». The plan included preliminary design studies of various types of power reactors.

Hereinafter, by *the Institute in Obninsk* and *Obninsk Institute*, the author means Laboratory "V" of the USSR Ministry of Internal Affairs, which has been the Institute for Physics and Power Engineering since 1960.

<sup>3)</sup> Several organizations were engaged in fuel element designing for the NPP reactor, including the Laboratory of Measuring Instruments at the Academy of Science (LIPAN). Unsuitability of these fuel element designs was confirmed already during tests performed on experimental facility. V.A. Malykh undertook this challenge on his own initiative and made a great success. He was a unique scientist in his creative abilities.

## HIGHLIGHTS OF THE HISTORY OF THE FIRST NPP<sup>1)</sup>

M.E. MINASHIN

June 27, 1994 is the 40-th anniversary of the First Nuclear Power Plant commissioning for commercial operation in Obninsk. The fact itself attracted the attention and interest of people of various professions of the whole world. The NPP was visited by many scientists and engineers, public figures and politicians, members of governments from different countries during the first years of its operation. Many visitors left autographs, grateful and enthusiastic notes in the plant's special registry for guests. It testifies to the fact that people's attention was attracted by the event that happens only once in the history and may be of great importance for the near future of the economy.

The First NPP development and construction demonstrated a peaceful use of a new energy source which was discovered in Germany just before World War II and was capable of meeting the mankind's demand for energy for the following centuries.

The beginning of activities in the area of development of the methods to obtain the energy from

uranium nuclei fission in the USSR dates back to the pre-war period: in 1940 Ya.B. Zeldovich and Yu.B. Khariton substantiated theoretically the feasibility of chain fission reaction, and I.Ya. Pomeranchuk and I.I. Gurevich created the theory of neutron diffusion and moderation in graphite<sup>2)</sup>. The war begun, those research works in the USSR were discontinued and resumed only in 1943 under the supervision of I.V. Kurchatov [1, 2].

The nuclear issue in the USSR had acquired a national-scale importance and priority since the second half of September 1945, which, obviously, was due to the facts of nuclear bomb explosions at Hiroshima and Nagasaki in August 1945. A Special Committee of the Government and Technical Advisory Council (TAC) were established at that time in the country.

The Technical Advisory Council played a principal role in the wide deployment of activities in the area of the use of nuclear power, in personnel training and education for the nuclear power industry. It was headed first by B.L. Vannikov, and I.V. Kurchatov, A.I. Alikhanov,

---

*Mikhail Egorovich Minashin* (1921–1995), engineer-physicist, thermal physicist, graduated from Moscow Power Engineering Institute (1951), Doctor of Technology (1984), Professor (1988).

In the years of 1951–1995 he worked at the IPPE in Obninsk (from 1955 as Head of Laboratory and in 1964–1989 as Head of Department).

He was involved in studies in the area of thermal neutron reactor physics and thermal physics. He participated in designing, construction, commissioning and operation of the World's First NPP, in designing Beloyarsk NPP power units, in development, start-up work and operation of the reactor units of Bilibino nuclear co-generation plant, in development and improvement of neutronic, thermal and strength calculation methods for reactors and reactor equipment and in the studies of transient processes. In the State Commission for acceptance of each power unit of Bilibino nuclear co-generation plant, he represented the State Committee for Nuclear Power Use and was responsible for scientific supervision (1972–1975). M.E. Minashin was the first who started to study the World's First NPP history at the level of analyzing archived documents.

His awards are: the Order of Lenin (1984), the Order of the Red Banner of Labour (1956), the Order of the October Revolution (1976), the USSR State Prize (1970), the USSR Council of Ministers Prize (1954), the Gold (1970, 1975) and Silver (1964) Medals of the National Economy Achievement Exhibition (VDNKh). He was an Honoured Master of Sciences and Engineering of the Russian Federation (1994).

P.L. Kapitsa, M.G. Pervukhin<sup>3)</sup>, and others were among its members.

We had an opportunity to be familiarized with voluminous notes of B.S. Pozdnyakov, who worked at the secretariat of Technical Advisory Council<sup>4)</sup>. These notes imply that along with the developments of reactor designs for the production of plutonium, designs of power reactors for various purposes, including fantastic ones, were addressed by the TAC from the very beginning. Those research works dating back to 1946—1948 were concentrated on different variants of thermal neutron reactors: graphite ones with gas (He, CO<sub>2</sub>) and water coolants, with water as moderator and coolant — the options suggested by the Institute of Atomic Energy (IAE), heavy water ones — the options from the Institute for Theoretical and Experimental Physics (ITEPh). The archive materials give grounds to conclude that the options suggested by IPPE appeared somewhat later (1949)<sup>5)</sup> — the designs of reactors with liquid metal coolants (Na, K, Na-K, etc.), and after 1949 — those of fast reactors with liquid metal coolant, with a feature of high breeding ratio of plutonium fissile isotopes.

<sup>6)</sup>In 1945 Technical Advisory Council was mostly concentrated on finding a solution for the problem of nuclear weapons to be created. However, a reasonable question arises: why the problem of power reactor development and construction appeared at that early stage? The answer can be found in the same notes. As a result of the war of 1941—1945, the power of all power plants of the USSR was as small as  $10.3 \cdot 10^6$  kW. The coal fuel production in the European part of the USSR was either destroyed, or operated irregularly because of depreciation of basic equipment, the oil and gas fields were not developed or even not explored yet. It was not possible to reconstruct the industry and agriculture destroyed by the war without an adequate power basis. Some part of coal demanded was imported from Poland, however, that was not a satisfactory solution of the problem with fuel. It should be noted that by the end of the war, coal production in the whole world was not so large — there were only a dozen countries with coal production exceeding 1 million tons in each. In the USSR a partial solution of the problem was found through a costly utilization of hydro-resources of the Dnieper and Volga; those solutions, in addition to their expensive-

ness, proved to be unfavorable for the agriculture and fish industry.

The involvement of reactors was promising in terms of unique engineering and economical advantages: solution of the fuel transportation problem (which entailed the independence of NPP siting in the country), compact design of equipment, and hence, the availability of energy generating facilities with large unit power (units of two million kW capacity were considered already), small personnel sufficient for servicing, the lack of oxygen demand\*, feasibility of secondary fuel breeding with regeneration, the use of radioactive fission products for various applications in national economy.

It was thought at that time that the cost of 1 kW installed power of the NPP would be lower vs. that for coal-fueled power stations. The latter conclusion was a result of insufficient engineering and designing work scope fulfilled, especially in cost estimates for chemical reprocessing of spent fuel and final disposal of radioactive wastes, as well as inadequate knowledge on safe operation of facilities and prevention of radioactivity dissemination. These problems were considered easy to resolve, that is why one can find proposals in the archives such as construction of nuclear power plants only.

Besides, it can be concluded from the archive notes that at least until 1948 (and later, till 1954) uranium, especially enriched <sup>235</sup>U, was a deficient product. Most probably for this reason the use of water-cooled-water-moderated reactors (VVER) was delayed for the future, and only after the First NPP commissioning one could hear I.V. Kurchatov to refer to various engineering issues of this type of reactors for nuclear power plants. At the same time it should be noted that the production of heavy water in quantities required for high power reactors was only beginning in 1946—1948; however, it was a perspective realization of power reactors operated on natural (not enriched) uranium with involvement of thorium into the fuel cycle for the production of <sup>233</sup>U. The R&D work on heavy water and graphite reactors was headed, respectively, by A.I. Alikhanov and I.V. Kurchatov. I.V. Kurchatov considered heavy water reactors to be expensive, and this subject caused heated discussions. Nevertheless, if we judge by the high rates of management of the D<sub>2</sub>O production and the tempo of construction of the first two heavy

\* That was a major precondition for an efficient use of reactors for submarines (hereinafter the footnotes provide author's commentary).

water reactors, with investment of funds of significant amounts in the state scale, and taking into account the statement of I.V. Kurchatov (about 1955), it can be said that a wide way was cleared for research of every area at that time.

The rates of developments on many problems associated with the initial activities for nuclear energy production can be estimated if we consider that by January 1946 the production of metallic uranium was mastered, and by October 1946 the first batches of reactor grade (pure) graphite were manufactured industrially. In summer 1945 the design of the building to enclose the first reactor (F-1) at the Institute of Atomic Energy (IAE) was completed, and it was ready in June 1946. Fabrication of bars (block-type fuel elements) was mastered at that time. That reactor was constructed and reached its criticality on December 25, 1946.

One of the results of that extremely active work was that the first plutonium production uranium-graphite reactor using low-temperature water as a coolant was constructed and commissioned to be operational in 1948. That moment in the history can be considered the completion of the first phase of nuclear reactor industry. The first A-bomb in our country was tested on August 29, 1949.

It can be concluded based on the archive documents preserved, that large-scale research works were underway for power reactors, along with the development of plutonium ones. Thus, the IAE and R&D Institute for Chemical Engineering (NIICHIMMASH) were intensively developing the research work on uranium-water-graphite reactors, whereas the ITEF (at that time — TTL) — was involved in the studies on heavy water reactors, the Institute of Physical Problems — on gas cooled reactors, and the IPPE (at that time — Laboratory "V") — on reactors with liquid metal coolant.

Other types of power reactors were also developed in the late 40-ies. By the 1950 there were proposals on the construction of three experimental reactors: one reactor termed Sh (in some documents termed ShG, which meant "uranium-graphite reactor of ball-shaped design with gas coolant, namely, helium); reactor L — with uranium-beryllium fuel and He coolant (both of thermal power of 10 MW)<sup>7)</sup> and reactor AM — uranium-graphite one with water coolant, thermal power of 30 MW. Soon thereafter a proposal

was made to replace L reactor by VT uranium-beryllium reactor with liquid metal coolant.

In early March 1950 (05.03.1950) these proposals concerning all three reactors were considered at the meeting of Technical Advisory Council together with the substantiation of possible siting of an experimental base for power reactors.

A governmental decree was issued on May 16, 1950 on the construction of the above-listed three reactors, and, according to the documents, the construction of ShG reactor was to be completed the first in 1952, and two others — in 1953. The area adjacent to Laboratory "V" was determined for the construction site, near "Obninskoe" Station, 16 km from a famous town of Maloyaroslavets, Kaluga region.

The planned priority of the construction of ShG reactor is an evidence of the fact that the proper development of these reactors in terms of engineering was not achieved yet. In reality, the option of uranium-graphite water-cooled reactor was the most prepared. In 1950-1951 the lists of works and studies necessary for the R&D related to each of these reactors were outlined; they showed that much longer periods would be needed for the implementation vs. those supposed earlier. The developments for the gas-cooled reactor appeared to be the most complicated, because those reactors were to be operated at very high gas temperature (up to 750 °C). As for the use of liquid metals as coolants, the decree referred to in fact gave the start to the evolution of this area. As a result, both areas appeared to be less prepared for the construction of experimental reactors, and it was not fulfilled practically.

The Leading Designer of the First NPP reactor P.I. Aleshchenkov left a note that the task of designing the reactor was given by I.V. Kurchatov in 1949 [3, p. 22].

The first source (out of those we managed to find) with a description of physical features of the reactor suggested for the first NPP was the report by the IAE of 1950, signed by I.V. Kurchatov, S.M. Feinberg, P.E. Nemirovski, and Yu.N. Zankov. Its principal idea was in the use of tube-type fuel element<sup>\*</sup>, with water coolant flowing inside a tube and uranium being outside, with an inviolable thermal contact with the tube wall. With this pattern the steel quantity in the tubes (zirconium was not produced yet) would be approximately 1.5 times less compared to the variant, when uranium bars with steel claddings are

<sup>\*</sup> However, the author of proposal of tube-type fuel element design has not yet been ascertained.

placed inside the tubes. This choice is an evidence of efforts for reducing the consumption of enriched uranium.

In the accompanying letter to this report Deputy Director of IAE I.N. Golovin, in connection with the transfer of scientific supervision of the project to IPPE in 1951, noted that there were no other documents on the reactor in the IAE, and, therefore, the method for manufacturing the tube-type fuel elements was not known. The thermal load of fuel elements adopted in the design was three times as small as that in the AM reactor, however, it was sufficiently high ( $2.3 \cdot 10^6$  W/m<sup>2</sup>). Long-term operation of fuel elements is inevitably associated with thermal cycling, drastic variations of temperature, which, as shown by the first experiments, could involve the destruction of fuel element with possible release of radioactivity [4]. In cases of high thermal loads such situations are the most probable. It was necessary to carry out research work with appropriate labor input of scientists and engineers.

D. I. Blokhintsev, the Scientific Supervisor of the design from 1951, said in his book [5] that A.I. Leypunsky (Manager of the activities on fast reactors at the IPPE) did not approve the IPPE charging with the reactor development for the first NPP, for that would divert their attention from the future-oriented direction in nuclear power, i. e. fast reactors capable of breeding fissile isotopes in quantities exceeding their initial amount.

Thus, A.I. Leypunsky defended the cardinal direction of the nuclear power development, although he assisted in designing the first NPP. However, the variant of uranium-graphite reactor with water coolant turned out to be the only feasible design under real conditions, because the liquid metal coolant technology had not been developed yet and design studies on fast reactors were on the initial stage at the time. I.V. Kurchatov suggested that Obninsk should be committed to work on the continued development of reactor design and the construction of NPP with this reactor [5, p. 24].

Defense of basic design of the uranium-water-graphite reactor for the first NPP developed by the NIIKHIMMASH headed by N.A. Dollezhal took place on March 5, 1951, this was followed by the Second Governmental Resolution assigning the principal designers of its components, the manufacturers and suppliers.

Actually, this type of reactor turned out to be most preferable for the first NPP. The preference of a certain reactor type among various pos-

sible types should be considered as an important step in the direction to the construction of the first power reactor. This choice provided the determination and realization of specific studies, although some of the tasks, particularly, on fuel element, required ingenuity.

Some serious comments were made by the experts during the defense of the reactor structure designs. The program of large-scope tests was discussed for several months and raised doubts concerning its feasibility. In the course of further development, the design proposals for some systems and devices were revised many times by the commissions assigned by I.V. Kurchatov, as well as by the Ministry, this caused considerable delays in the design and construction.

Until October 1952, some institutes failed in their multiple attempts to manufacture pilot tube-type fuel elements resistant to the design temperatures with thermal cycling. There were four different designs under development altogether with sub-variants for each of them. That is why an extra design with rod-type fuel elements was developed. This design differed significantly from the initial variant, did not have a strong support of the authorities and was not discussed at the meetings of the Scientific and Technical Council or its divisions.

By the end of 1952, a group of technologists of the IPPE headed by V.A. Malykh accomplished the research work on the acceptable designs of tube-type fuel elements. A new type of fuel element was designed, i. e. the fuel element with the dispersed composition of uranium-molybdenum middling in magnesium matrix providing uniformity of the heat-generating layer and reliable contact with the tube. This design is capable of withstanding many thermal cycles and up to  $8 \cdot 10^6$  W/m<sup>2</sup> heat flux (this was determined in March 1953 on a thermal test facility at the IPPE). This type of fuel elements is also applicable for pre-irradiation thermal tests providing maintenance of specified high temperature and thermal load. Thus, insurance screening was provided, the pilot fuel elements were also tested in MR reactor at the IAE. Further operation of these fuel elements demonstrated their high serviceability up to the fuel burn up of 40 kg/t.

The lack of many constants for the reactor physics calculations hindered a lot the reactor designing. Although some of them were gradually determined by measurements performed at the Institute of Atomic Energy (IAE) and a few ones performed at the IPPE, on the whole high preci-

sion of the calculated parameters could not be guaranteed. Data on the uncertainties in constants suggested the possibility of considerable uncertainties, which could reduce the first reactor lifetime to zero. In late February — early March of 1953, it became feasible to construct a critical assembly of the first NPP reactor prototype (AMF) at the IPPE, its preliminary calculations had a satisfactory agreement with the experiment. However, the assembly was kept only at room temperature, whereas the main moderator temperature in the reactor should be 600 °C. It was impossible to achieve such conditions on a pilot facility, that is why the only thing to do was to expect results obtained on the reactor in operation. One of the important issues concerning this reactor type - the role of presence or absence of water in reactor - was clarified on the facility, although not completely. That is why such measurements proceeded when preparing the reactor for assembling its critical mass. Reactor of the first NPP reached criticality after loading approximately a half of uranium channels on 09.05.1954. Later, measurements on the refinement of semi-empirical ratios of the reactor grid parameters and hydrodynamic (emergency) characteristics of the loop components were fulfilled [3, pp. 44-45]. I.V. Kurchatov directly participated in all these activities.

The installation of the loops and other plant components took 3-4 months and was accomplished in 1954. High quality of the installation work was in the main a result of the installers' adequate training (under V.F. Goussev's leadership) and constant observation and control of the future plant personnel headed by A.N. Grigoryants. Consequently, the start-up work was performed rapidly and without any serious remarks.

The construction and installation were carried out with the participation of E.P. Slavsky.

On the 26th of June, 1954, at 17:45, the steam generated by means of atomic energy was applied to the turbine. It was the second important step on the way to peaceful use of atomic energy.

Commissioning of the first NPP encouraged a lot the preparatory activities of various countries on the way to the peaceful use of atomic energy. It should be noted that a number of national centers with their own pilot reactors were established at the time. Soon after that, as a response, the first uranium fuel gas cooled power reactor was commissioned in Calder-Hall (Great Britain) and the first water cooled, water moderated reactor was put into operation in Shippingport (the USA).

At the beginning of the NPP operation, some defects were revealed, the most significant of which was corrosion cracking of thin-walled tubes in the absorber rods and fuel channels, however, steam-generators with stainless steel pipes functioned without any serious failures. There was no corrosion observed with the stainless steel rust protection. In the course of NPP operation, the other components were updated too, including the main pumps. On the whole, the arisen problems did not hamper the functioning, the equipment operation was satisfactory. That is why this reactor type was highly appreciated and supported. A rather simple power installation with the reactor could be designed for the steam generation inside the reactor and its supply to the turbine. This considerably simplified the power plant system. Moreover, it allowed generating superheated steam. The work initiated at the first NPP in this field resulted in the control of boiling conditions in reactor (1956-1957) and steam superheating (1958) without application of any external start-up steam sources. This laid the foundation to the reactor designs for units I and II of Beloyarskaya NPP of 100 MW and 200 MW electric power, respectively, which served for mastering steam superheating (at the temperature over 520 °C).

Fast reactor direction was developed in parallel. In 1956, BR-2 reactor was constructed, it was modified into BR-5 and later into BR-10. After that, BOR-60, BN-350 and BN-600 reactors were constructed.

Further, development of uranium-graphite reactors was related to 1000 MWe RBMK-1000 reactor with the use of rod-shaped fuel elements. One of the attractive features of these reactors is the possibility to make reactor refueling without its shutdown.

The well-known events of April 1986 required considerable reviewing of engineering solutions on uranium enrichment and application of scram protection to prevent reactor runaway.

After the first NPP commissioning, water-cooled reactors have been widely used all over the world (both with and without water boiling in the core), water serving as both moderator and coolant in these reactors. The reactors needed uranium enriched up to 4—5% for their operation, so these were constructed as the uranium fissionable isotope output increased. The Novo-Voronezh NPP reactor of 230 MW electric power was the first one of this type in the USSR. This type reactors are more compact than graphite reactors,

but specialized plants of basic engineering industry are required for manufacturing their components (in particular, vessels for 10–16 MPa pressure). Construction of the first reactors of 60–200 MW electric power can be considered as the third step, since it required the designing of complex installations with large-scale components and complex systems of data acquisition and monitoring, meeting safety requirements of the late 60-ies. The experience in designing and operation of these reactors laid the foundation to the construction of large size reactors, i.e. up to 1500 MW. Each power unit with such reactor is not only a huge energy generator, but also its consumer (60–100 thousand kW) with the reliable components of 50–60 thousand ton total mass of metal structures and hundreds of kilometers of communication and power cables. It is not a simple task to provide reliability. Its solution makes the fourth step in the development of nuclear power. From the middle of the 50-ies till 1992, power of the NPPs operating in the world achieved 330 thousand MW [7]. Particularly rapid increase of power was observed from 1975, i. e. from the beginning of the fuel crisis.

The program of the further development of nuclear power depends on many factors, including the possibilities to supply the national economy with organic fuel (coal, oil, gas) and to cover considerable expenses on NPP construction, as

well as on radioactive waste disposal, providing high level of public safety. These are the most important factors. As far as organic fuel production is concerned, there is a stable tendency to use NPPs for energy generation, this way of production meets higher requirements of the environment protection.

There should be considerable changes in the environmental standards and NPP technology requirements concerning the methods for radioactive waste disposal (deep-sea disposal etc.). This will require profound studies and consideration of the simultaneously arising challenges.

## References

1. Kurchatov I.V. Selectas, V. 3. Moscow, Nauka, 1984.
2. Zhezherun I.F. Construction and Commissioning of the First Nuclear Reactor in the Soviet Union. Moscow, Atomizdat, 1978.
3. XX-th Anniversary of Atomic Energy. Collection of articles. Moscow, Atomizdat, 1974.
4. IAE Report. "AM Device Neutronic Analysis", 1950.
5. Blokhintsev D.I. Peaceful Use of Atomic Energy. Moscow, Atomizdat, 1977.
6. Minashin M.E. Critical Assembly of the World's First NPP Reactor. - Atomic Energy. 1956, issue 6. pp. 382-386.
7. Nuclear Power Reactors in the World. Vienna: IAEA, 1993.

*Published by: "Atomic Energy". 1994. V. 76, Iss. 4. pp. 362-368.*

## Compilers' comments:

<sup>1)</sup> The article was prepared by M.E. Minashin for the 40-th anniversary of the NPP.

<sup>2)</sup> There must be a mistake here; there is no confirmed information about the activities of I.I. Gourevich and I.Ya. Pomeranchuk in this field before the War. Apparently, they refer to 1943 and later period. In 1944 I.I. Gourevich defended the thesis highlighting "Some Questions about Neutron Diffusion and Absorption, and Nuclei Chain Fission".

<sup>3)</sup> M.G. Pervoukhin was not a member of the Technical Council.

<sup>4)</sup> Hereinafter, obviously, the extracts from the reviews and materials of foreign publications were used, they were chosen by B.S. Pozdniakov who made regular reports on their overview at the meetings of the Scientific Technical Council.

<sup>5)</sup> Design studies for the first power reactor were carried out at the IPPE starting from 1947.

<sup>6)</sup> Apparently, what is presented in the two following abstracts was the results of later thoughts, for it is baseless to think that the plans of post-war economy reconstruction using NPP could be seriously analyzed in 1947-1951.

<sup>7)</sup> The proposals on designing the "L" and "Sh" reactors were made in 1947; by 1950 a number of tests had been carried out to substantiate the design documentation.

## LESSONS AND LEGACY OF THE WORLD'S FIRST NPP

L.A. KOTCHETKOV

The World's First NPP was designed and constructed during a very short period of time, namely: 4 years under the conditions of extraordinary efforts directed to the restoration of the country ruined in the war. It became possible because the task to create an NPP was considered to be the objective of highest priority in politics and national economy. The best scientific and engineering personnel, the best scientific institutes and industrial enterprises of the country were involved in the solution of this task.

On the World's First NPP commissioning it became obvious for the specialists and general public that the nuclear power could be curbed and controlled and that to generate electric power at nuclear power plants was quite a real endeavor. Moreover, the NPP ecological advantages were also recognized, i.e. during its operation the plant did not discharge greenhouse gases and other toxic substances. It was also clear that the NPP location was independent of uranium mines and the ways of achieving its competitiveness consisted in increasing power and thermodynamic performance of the future NPP units.

The experience of the First NPP design, construction and operation was a great help in determining the tasks to use nuclear reactors in power engineering as well as in other industries in the near future. During 10 years after the World's First NPP

commissioning the following systems were developed and constructed in the USSR:

- two semi-commercial systems as prototype nuclear power plants for submarines: one with water coolant (1956) and the other with liquid metal coolant (1959); both systems were constructed at the IPPE;
- the first unit of the Siberian NPP in Tomsk-7 of 100 MWe power (1958);
- the first atomic ice-breaker called "Lenin" (1959);
- transportable NPP TES-3 of 1.5 MWe power in 1961 in Obninsk (IPPE);
- the first unit of Beloyarsk NPP with 100 MWe channel type reactor (1964);
- the first unit of Novo-Voronezh NPP with 210 MWe VVER reactor (1964).

The World's First NPP reactor was the initiator of channel type uranium-graphite reactors AMB-1 and AMB-2 of Beloyarsk NPP and EGP-6 reactor of Bilibino NPP. The latter was used to test some of RBMK reactor components for Leningrad, Kursk, Smolensk, Chernobyl and Ignalina NPPs.

Of no small importance was the fact that the First NPP had become the "forge of personnel" where the specialists in reactor unit operation were trained, e. g. for the units at Novo-Voronezh and Beloyarsk NPPs, ice-breaker "Lenin" and

---

*Kotchetkov Lev Alekseevich* (date of birth: March 20, 1930) is an engineer-physicist, Candidate of Technical Sciences (1970). He graduated from Moscow Mechanical Institute (1953).

Since 1953 till now he has been working at the IPPE in Obninsk (since 1961 — Chief Engineer of the World's First NPP, since 1962 — Head of Laboratory, since 1973 — Head of Division, since 1982 — Head of Department, since 1987 — Deputy Director of the Institute for Scientific Work, since 1993 till now — Adviser to Director, Director General).

The majority of his works are devoted to the investigation and justification of thermohydraulic and physical reliability and safety of thermal and fast reactor cores for: the World's First NPP, transportable NPP TES-3, Beloyarsk NPP (in 1963—1965 he was the Scientific Supervisor of the 1st unit), BN-350, BN-600 (he was the Scientific Supervisor for the energetic start-up), BN-800, BN-1600, Bilibino nuclear cogeneration plant. He participated in the start-up work of the Siberian NPP and NPP in Czechoslovakia. At present Lev Alekseevich Kotchetkov is the Scientific Supervisor of work on designing the multipurpose fast research reactor (MBIR) constructed in the frame of the Federal Target Program "Nuclear Power Technologies of the New Generation".

He has the following orders and titles: Order of the Red Banner of Labour (1980), USSR State Prize (1970, 1983), Gold (1964) and Bronze Medals (1970) of VDNKh of the USSR (National Economy Achievement Exhibition) and Honoured Power Engineer of the Russian Federation (1994).

the first two submarines as well as for other countries, for instance, German Democratic Republic, Czechoslovak Socialist Republic, People's Republic of China, Socialist Republic of Roumania. The First NPP personnel participated in the start-up of the Siberian NPP, the start-up and operation of Beloyarsk NPP, Bilibino NPP, and the first NPP in Bohunice, CSSR, many of them became NPPs' managers, they worked in the MINATOM Headquarter.

Very soon the First NPP AM reactor came to be one of the main research reactor bases. Its design test systems (horizontal and vertical irradiation channels, thermal column, selector channel and hot cell) and newly created 17 test loops were used to produce isotopes, to conduct neutronic and solid body physics studies, to perform comprehensive studies of start-up and transient conditions for the projects of Beloyarsk NPP (under the conditions of coolant boiling and in-core steam superheating) and Bilibino Nuclear Cogeneration Plant (under the condition of coolant natural circulation). Besides, that was the place where new fuel elements, organic coolants, new materials, in-vessel control sensors and reactivity control rods were tested. Since 1961 mass testing of thermoelectric and thermionic elements had been conducted for space reactor units BOUK and TOPAZ.

In a very short period of time the World's First NPP became accessible for general public. Among its guests there were such outstanding scientists, politicians and public figures as

J. Nehru and I. Gandhi, A. Sukarno, W. Ulbricht, Kim Il Sung, J. Broz Tito, Joliot-Curie, H. Bhabha, G. Seaborg, F. Perrin, Z. Eklund, S. Cole, G.K. Zhukov, Yu.A. Gagarin, members of the USSR Government, e. g. G.M. Malenkov, L.M. Kaganovich, V.M. Molotov, and M.G. Pervukhin. During the first 20 years of its operation, about 60 000 people visited the First NPP, among them there were 9 000 foreigners.

It is impossible not to highlight one more fact. During the entire period of the plant operation there was not a single case of occupational overexposure likewise the local environment and the city located 1.5–4.5 km away from the reactor were not subjected to the radiation effect exceeding the background fluctuations.

Nuclear power turned out to be a model of new, potentially hazardous, high technologies. It required a new attitude toward the solution of safety problems at all the stages of NPP creation, from its designing to its operation, a new operation culture that recognized the safety priority. It required participation of scientific teams in its designing and operation. The first sprouts of this safety philosophy appeared at the First NPP, however, it took time and multinational experience for this philosophy to become firmly established in the world.

Till the very last "working" day at the First NPP not only thermal power was utilized, but the isotope products were also produced and fuel elements were tested. This mere fact is of great importance.

### THE WORLD'S FIRST NPP IS SHUT DOWN. WHAT WILL BE THEN?

According to the Ministerial Order "On preparation and decommissioning of the World's First NPP" on April 29, 2002, the World's First NPP was shutdown. To be more precise, its operation with power generation due to the chain process of U and Pu nuclei fission was stopped. The plant is still in operation but under the condition of decommissioning.

When addressing to the operating specialists that day, A.V. Zrodnikov, the Director General of the SSC RF-IPPE, which is the World's First NPP utility, said, "All of you who would not like to part with the first NPP can continue your work during this exciting period of its decommissioning. And during this work you will be actually pioneers and we are extremely interested in your participation in this work. The plant has been in operation for about 48 years. This is a record period for the reactor unit thus far. It is

high time to leave it in peace but it needs to be well prepared for that."

According to the accepted concept of World's First NPP AM test reactor decommissioning the option of decommissioning with the reactor long-term monitoring was approved. The activity is assumed to cover four stages.

The first stage is preliminary. At this stage the gained experience is recorded and the input data bank is set up. This stage also includes the development of the program of plant engineering and radiation testing, the decommissioning program and schedule, the quality assurance program as well as the estimation of accumulated activity and the amount of radioactive waste. Besides, the statement of work for the decommissioning project is worked out and the project is developed, including the safety report and cost estimates. The fresh and accumulated spent fuel, liquid and gas-

eous radioactive media are removed from the reactor. The R&D work program required in the course of decommissioning is developed. It includes the development of non-standard technologies for radioactive waste conditioning as well as the required means of transportation, different devices and tools to be fabricated.

Besides, it is supposed to make comprehensive studies on radiation conditions and long-duration effect of various damaging factors on the reactor materials (steel, graphite, concrete etc.) and estimate the remaining lifetime of the components.

The most part of the work at the preliminary stage has been already fulfilled. In particular, the plant components and systems have been checked with the aim to confirm their performance in the course of the work at the preliminary stage, the state of the building and its structures has been verified. As a result of this work the documentation was issued that granted the right to continue the operation of the NPP building and all the systems for the next seven years.

In September 2002 the last fuel subassembly was removed from the reactor. A large-scale dismantling of irradiated subassemblies was organized with separation of fuel elements, their assay, with rejection of flawed fuel elements, fuel element package into shipment canisters and their transportation to the central spent fuel storage facility of the Institute. By now the spent fuel has been completely removed from one of the two NPP storage facilities. In the course of this work it was found out that ~20 % of fuel elements that had been in the NPP storage facility for a long time had cladding failures with a loss of part of fuel. As a rule, such spills of fuel were localized at the bottom of storage sleeves. This fact required the development of special technological procedure, fabrication of the necessary equipment and its use to clean storage sleeves.

The analytical studies showed that the total accumulated activity of the AM reactor is equal to  $\sim 4 \cdot 10^{16}$  Bq. During 70 years the reactor shielding concrete (~2600 tons) and the top cast iron shielding plate (~20 tones) will go under the category of non-radioactive industrial waste that will not require monitoring. It will be done according to the "Main Sanitary Rules to Provide Radiation Safety" (OSPORB-99). Other reactor metal structures, such as the reactor vessel, water shielding tanks, bottom plate and inner cast iron units (~70 tons) as well as the core graphite (~30 tons) will remain radiation-hazardous. The

long-lived activity of metal structures made of carbon steel will be determined by very small amounts of nickel and silver present in it, and it will take them ~1300 years to decay completely, while the C-14 graphite activity will remain the same for several thousand years. In 50 years the total activity of the NPP components will decrease from  $4.3 \cdot 10^{16}$  Bq to  $1.1 \cdot 10^{15}$  Bq, thus making it possible to perform the work of the next stage with less radiation burden.

Two most important tasks left to be accomplished at the preliminary stage are to complete dismantling of standard spent fuel subassemblies left with transportation of their fuel elements to the central spent fuel storage facility of the Institute, and to fulfill dismantling pilot electric generating channels (~50 pieces) and to decontaminate the process media contained in them (Cs, Zr, and Na-K). Besides, at this stage the decommissioning project should be completed. The work of the preliminary stage is assumed to be completed in the year of 2006.

The second stage will consist in preparation of the entire system for a long-term conservation under monitoring. The following work is to be done at this stage:

- to dismantle the non-radioactive mechanical and electric equipment not required for further activities with the aim of its utilization;
- to dismantle the low-level active equipment not required for further activities and to transport it to the radioactive waste storage facility of the Institute;
- to localize the most hazardous radioactive sources with their isolation from the environment (reactor, hot cell repository and vessel No.9 with high level radioactive waste); they will remain in the NPP building under a long-term monitoring.
- to install the required monitoring devices designed to prevent localized radioactivity spread and to keep barriers on the way of its possible spreading, as well as to organize a regular control over these systems;
- to install additional systems of physical protection;
- to perform the work envisaged under the project on establishing the Nuclear Power Museum on the basis of the World's First NPP;
- to carry out the required repair work and to work out the documentation that confirms the possibility of the further long-term operation of the building and its structures (the main building, ventilation center, etc.);
- to get the NPP decommissioning license.

The work of the second stage is assumed to be accomplished by 2011-2012. During this period the work on carrying out the study under "The R&D Work Program" and "The Program of Comprehensive Engineering and Radiation Study of the Reactor Unit" will be continued.

Currently it is difficult to forecast and moreover to plan in details the work for the next two stag-

es: the third one which envisages a long-term plant conservation under monitoring and the fourth final stage of the plant decommissioning, which envisages the final dismantling and disposal of the rest of the components, buildings and structures. Evidently, several corrections of the project will be required in view of the study results, gained experience and the real state of buildings and structures.

#### STATUS OF WORK ON THE DECOMMISSIONING OF THE FIRST NPP AFTER 60 YEARS SINCE IT HAD BEEN COMMISSIONED

As of today, the first stage of the plant decommissioning has been accomplished. The condition of the equipment, devices, and control systems necessary for the performance of future work was checked; the condition of buildings and structures was also examined and their operability was evaluated and substantiated. In September 2002, the last fuel assembly was removed from the reactor and the core volume was occupied by the upper parts of the dismantled former fuel channels. In this way the reactor was separated from the surroundings. The remaining standard fuel subassemblies and pilot electric generating subassemblies of space application were completely dismantled in 2008 (with the conditioning of their working media — cesium, lithium and sodium-potassium). All fuel elements of fuel channels were packed in containers and transferred to the central storage facility of the Institute. On the whole 12 136 kg of uranium-molybdenum and uranium-oxide fuel with 5 % to 10 %  $^{235}\text{U}$  enrichment was transferred to the storage facility. Then all the sleeves of the irradiated fuel storage facility were purified from fuel spillage from failed fuel elements.

The work of the second stage was also completed. The following most dangerous areas were confined and sealed where possible:

1) The concrete reactor pit, annular tank of water shielding and reactor metal structures (guard vessel, upper and lower plates) with the graphite stack located in the reactor pit - total amount of 2 720 tons;

2) Hot cell "repository" (8.15 tons of steel and 24.46 tons of graphite radioactive waste) with a sump tank and blow cases located near: M-1 and M-2, with estimated total activity  $4.2 \cdot 10^{14}$  Bq;

3) Vessel No.9 with radioactive steel and graphite waste (16.5 tons) with estimated activity  $4.2 \cdot 10^{13}$  Bq.

On the basis of graphite and sludge samples analyses, the content of uranium and plutonium spills in the reactor graphite stack and sump tank of the hot cell "repository" and blow cases M-1 and M-2 were estimated. In terms of  $\leq 10$  % enriched uranium, the overall amount of  $^{235}\text{U}$  and Pu was, respectively, 78 g and 2.8 g. Due to the fact that the total amount of fissile elements does not exceed the specified amount of 300 g, the AM facility is not considered to be a nuclear-hazardous facility now.

The non-radioactive and low-activity pieces of equipment (60 tons and 245 tons respectively) were dismantled. The non-radioactive equipment was taken away for utilization. The radioactive equipment was transferred to the radioactive waste section of the Institute.

In accordance with the Instruction of the President of the Russian Federation and the Order of the State Corporation "Rosatom", the Museum of the World's First NPP was established on the basis of the AM facility. As a result, some pieces of the equipment, including steam generators, pumps, CPS, control board equipment and other things have not been dismantled.

Taking into account the work performed, the World's First NPP decommissioning license was got and the facility was switched over to a safe storage mode. However moral considerations and foreign experience induce to reverse the decision to save the facility under monitoring for 70-100 years and, instead of it, to start up without delay the work on the final decommissioning and disposal of the remaining radioactive equipment and materials, except for the exhibit items.

In conclusion it should be said again that during the entire period of the World's First NPP operation and decommissioning, there was not a single case of occupational overexposure likewise the local environment and population were not subject to the dangerous radiation effect.



Первая в мире АЭС. 1954 г.

The World's First NPP, 1954

## Основные руководители работ по созданию Первой в мире АЭС (1949–1954 гг.)



Игорь Васильевич Курчатов –  
инициатор и первый научный руководитель  
проекта АЭС, общий научный руководитель  
советского атомного проекта

Igor Vasilievich Kurchatov,  
the initiator and the first Scientific Supervisor of  
the NPP design, General Scientific Supervisor of  
the Soviet Atomic Project



Ефим Павлович Славский –  
зам. начальника ПГУ, затем зам. министра  
среднего машиностроения СССР

Efim Pavlovich Slavsky,  
Deputy Head of FCA,  
later – Deputy Minister of Medium Machine-  
Building Industry of the USSR



Дмитрий Иванович Блохинцев –  
с 1951 г. научный руководитель всех работ  
по созданию АЭС, директор Лаборатории «В»  
(ФЗИ)

Dmitry Ivanovich Blokhintsev,  
Scientific Supervisor of all work on creation of the  
NPP (since 1951), Director of Laboratory "V"

# PRINCIPAL WORK MANAGERS of CREATION of THE World's FIRST NUCLEAR POWER PLANT (1949–1954)

Николай Антонович Доллежалъ –  
главный конструктор реактора АЭС,  
директор НИИХИММАШ, затем НИИ-8

Nikolay Antonovich Dollezhal,  
General Designer of the NPP reactor,  
Director of NIIXhimmash (later, NII-8)



Борис Михайлович Шолкович –  
главный конструктор парогенератора АЭС,  
главный конструктор ОКБ «Гидропресс»

Boris Mikhailovich Sholkovich,  
General Designer of the steam generator of the NPP,  
General Designer of OKB Gidropress



Александр Иванович Гутов –  
генеральный проектант АЭС,  
директор ГСПИ-11

Alexander Ivanovich Gutov,  
General Architect of the NPP,  
Director of GSPI-11





# ПРАВДА

Орган Центрального Комитета  
Коммунистической партии Советского Союза

Год издания 43-й  
№ 182 (13115)

Четверг, 1 июля 1954 года

ЦЕНА 20 КОП.

## В СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

### О пуске в СССР первой промышленной электростанции на атомной энергии

В настоящее время в Советском Союзе усилиями советских ученых и инженеров успешно завершены работы по проектированию и строительству первой промышленной электростанции на атомной энергии полезной мощностью 5 000 киловатт.

27 июня 1954 г. атомная электростанция была пущена в эксплуатацию и дала электрический ток для промышленности и сельского хозяйства прилежащих районов.

Впервые промышленная турбина работает не за счет сжигания угля или других видов топлива, а за счет атомной энергии — расщепления ядра атома урана.

Вводом в действие атомной электростанции сделан реальный шаг в деле мирного использования атомной энергии.

Советскими учеными и инженерами ведутся работы по созданию промышленных электростанций на атомной энергии мощностью 50—100 тыс. киловатт.

### К пуску в СССР первой промышленной электростанции на атомной энергии

ЛОНДОН, 1 июля. (ТАСС). Сообщение о пуске в СССР первой промышленной электростанции на атомной энергии широко отмечается английской печатью.

Московский корреспондент «Дейли уоркер» пишет, что это историческое событие имеет неизмеримо большее международное значение, чем сброс первой атомной бомбы на Хиросиму.

Как указывает научный обозреватель «Ньюс кроникл», сообщение о пуске атомной электростанции означает, что СССР на два года опередил Англию, ибо Англия примерно лишь через два года сможет пустить в ход первую промышленную электростанцию на атомной энергии.

«Дейли мейл» приводит заявление представителя ведомства, занимающегося вопросами атомной энергии, который сказал: «У нас нет непосредственных сведений, однако складывается впечатление, что русские создали эту станцию за очень короткий срок».

Научный обозреватель «Таймс» пишет, что сообщением Москвы служил новым доказательством успехов России в области развития атомной энергии.

ПАРИЖ, 1 июля. (ТАСС). Лондонский корреспондент агентства Франс Пресс передает, что сообщение о пуске в СССР первой в мире промышленной электростанции, работающей на атомной энергии, встречено в лондонских кругах специалистов-атомников с большим интересом.

Англия, продолжает корреспондент, строит атомную электростанцию. Полагают, что английская электростанция, строящаяся в Колдерхолле, сможет вступить в строй не ранее чем через 2½ года. Представитель ведомства, занимающегося вопросами использования атомной энергии в промышленных целях, заявил вечером 30 июня, что, как видно, русские быстро осуществили свои планы создания электростанции, работающей на атомной энергии, исходя из того времени, которое считают необходимым для подобных работ.

ШАНХАЙ, 1 июля. (ТАСС). Откликаясь на пуск в эксплуатацию советской электростанции на атомной энергии, токийское радио передает:

США и Англия также планируют строительство атомных электростанций, но завершение их строительства они намечают на 1956—1957 годы. То обстоятельство, что Советский Союз опередил Англию и Америку в деле использования атомной энергии в мирных целях, говорит о том, что советские ученые добились больших успехов в области атомной энергии.

Один из выдающихся японских специалистов в области ядерной физики — профессор Носино Фудзикока, комментируя сообщение о пуске в СССР электростанции на атомной энергии, заявил, что это является началом «новой эры».

# Начальники Первой в мире АЭС (1954–2014) DIRECTORS of the World's First NPP (1954–2014)



1954–1955 гг. –  
Николай Андреевич Николаев  
Nikolai Andreevich Nikolaev



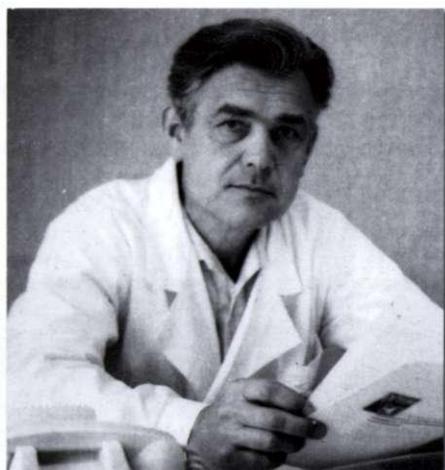
1955–1958 гг. –  
Артем Николаевич Григорьянц  
Artyom Nikolaevich Grigoryants



1958–1968 гг. –  
Георгий Николаевич Ушаков  
Georgy Nikolaevich Ushakov



1968–1970 гг. –  
Владимир Герасимович Коночкин  
Vladimir Gerasimovich Konochkin



1970–1990 гг. –  
Виктор Сергеевич Северьянов  
Victor Sergeevich Severyanov



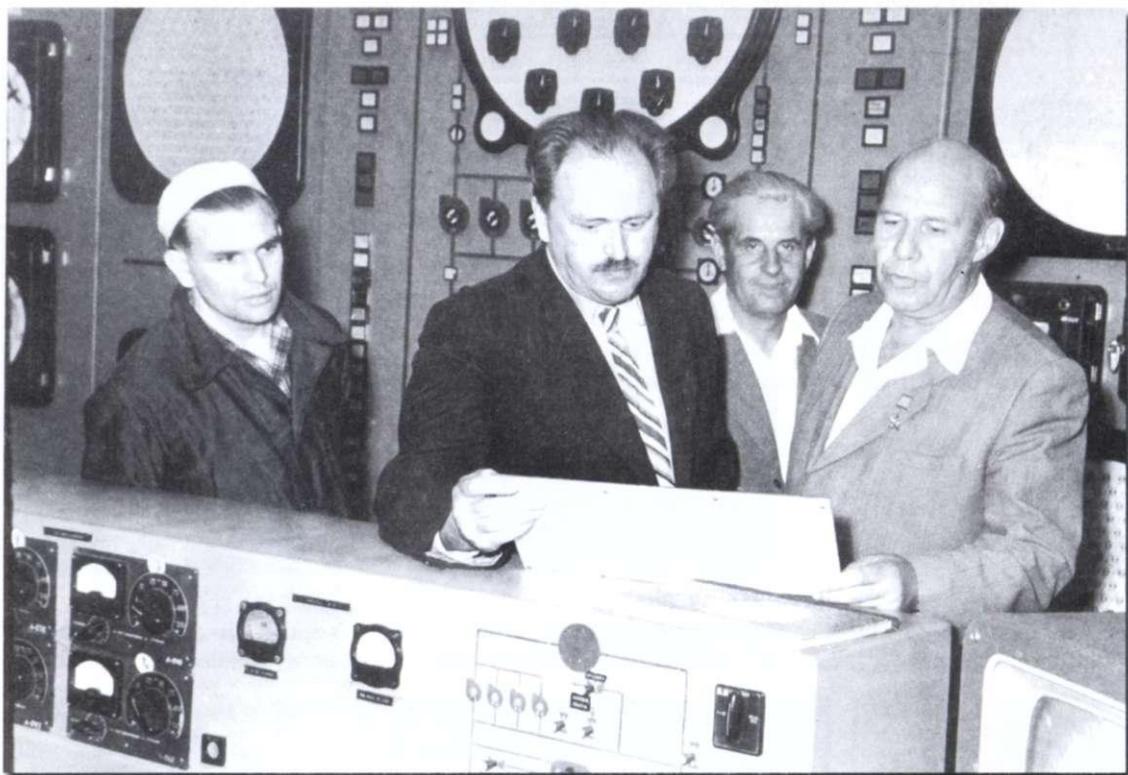
1990–2000 гг. –  
Юрий Александрович Стужнев  
Yuri Alexandrovich Stuzhnev



2000–2006 гг. –  
Анатолий Иванович Штыфурко  
Anatoli Ivanovich Shtyfurko



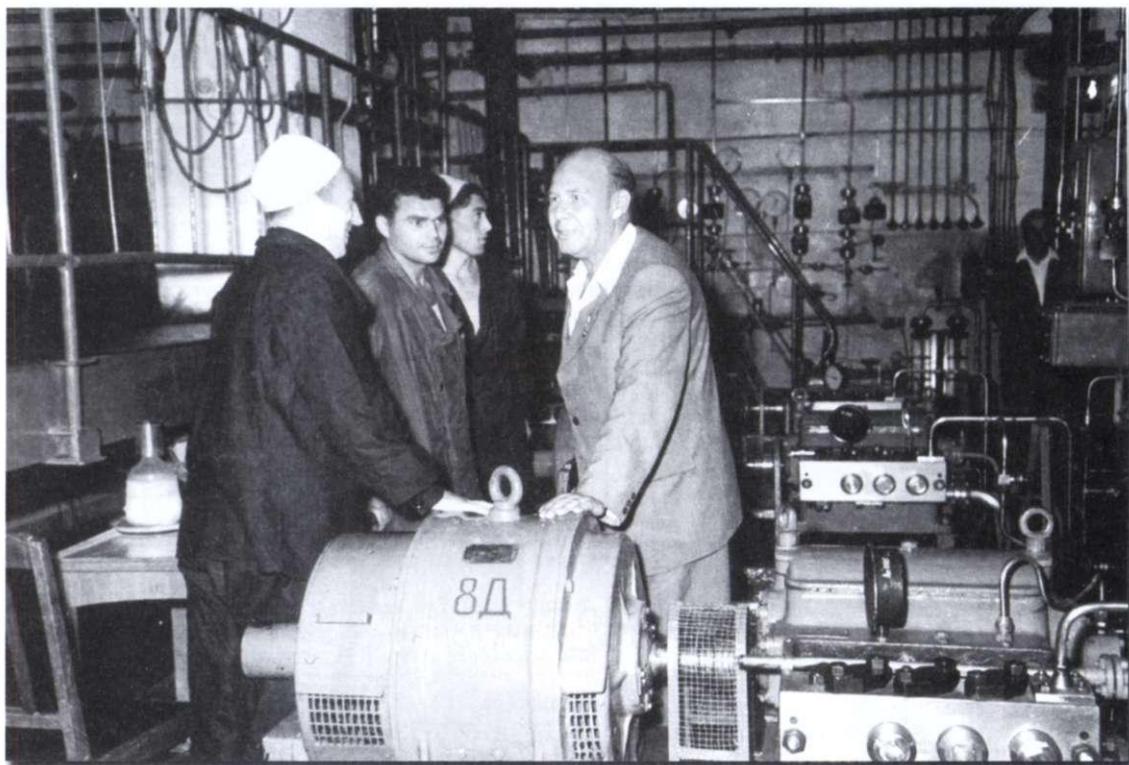
С 2006 г. по настоящее время –  
Андрей Владимирович Журин  
Since 2006 – Andrey Vladimirovich Zhurin



На пульте управления АЭС.

Слева направо: С.А. Болонкин, А.К. Красин, И.Т. Табулевич, Д.И. Блохинцев

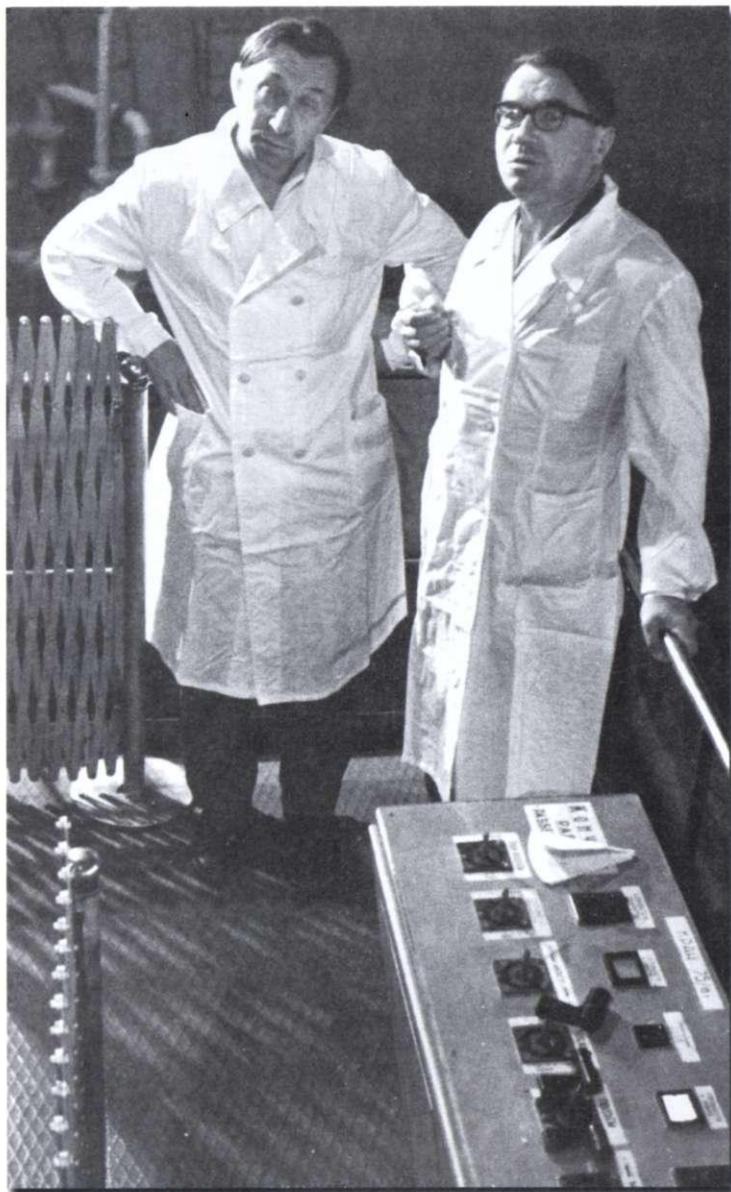
At the control board of the NPP. From left to right: S.A. Bolonkin, A.K. Krasin, I.T. Tabulevich, D.I. Blokhintsev



В помещении подпиточных насосов.

Слева направо: Н.Р. Разин, В.В. Малинин, (?), Д.И. Блохинцев

In the replenishing pumps room. From left to right: N.R. Razin, V.V. Malinin, (?), D.I. Blokhintsev



П.И. Захаров  
P.I. Zakharov

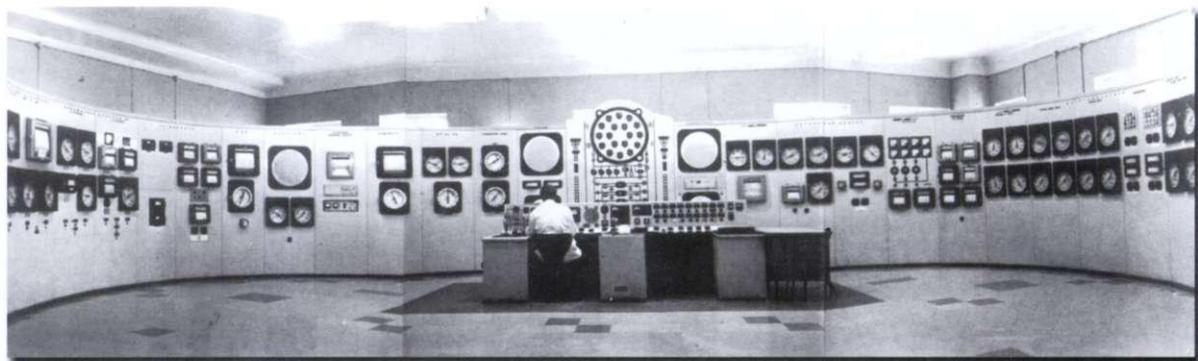
Г.Н. Ушаков и создатель твэл для реактора АМ Первой в мире АЭС В.А. Малых (справа)

G.N. Ushakov and V.A. Malykh, designer of the fuel element for the reactor of the World's First NPP (on the right)



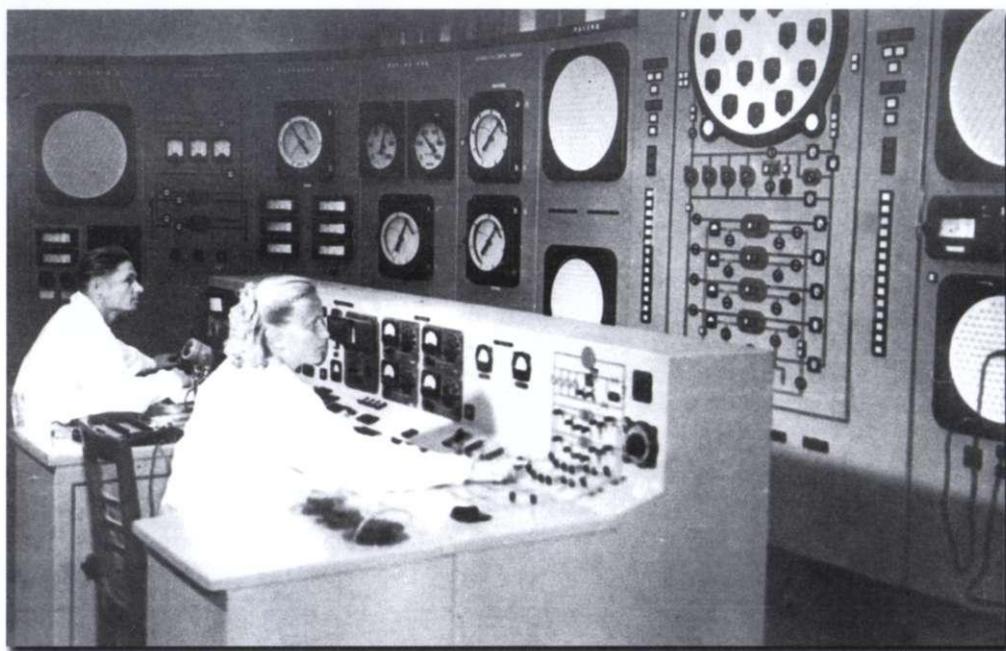
Слева направо:  
Л.А. Кочетков,  
С.А. Болонкин,  
В.В. Долинский,  
Г.Н. Ушаков,  
Ю.В. Евдокимов,  
Г.В. Мерзликин

From left to right:  
L.A. Kotchetkov,  
S.A. Bolonkin,  
V.V. Dolinsky,  
G.N. Ushakov,  
Yu.V. Evdokimov,  
G.V. Merzlikin



Главный щит и пульт управления АЭС

The main control board of the NPP



На месте главного оператора В.А. Сучков, на месте оператора – первая в мире женщина-оператор АЭС Т.М. Колыженкова

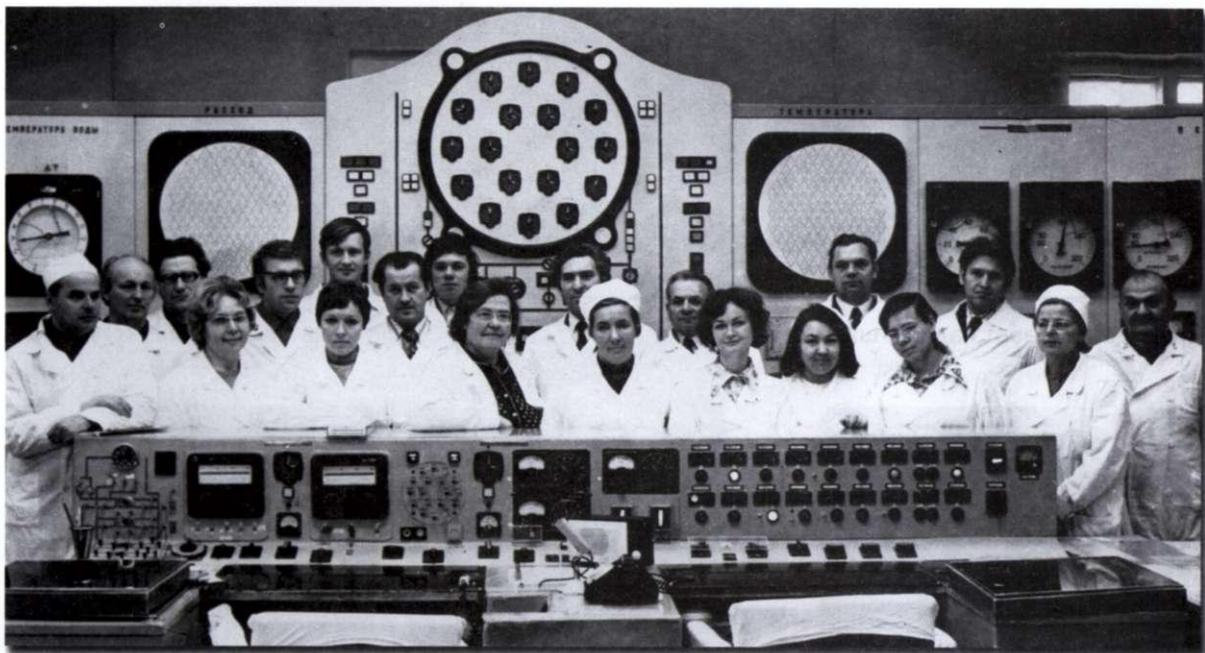
V.A. Sutchkov, Chief Operator and T.M. Kolyzhenkova, World' First woman operator of the NPP

Слева направо:  
В. Фофанов,  
В.С. Северьянов,  
В.Т. Цурков,  
Г.М. Владыков,  
(?)From left to right:  
V. Fofanov,  
V.S. Severyanov,  
V.T. Tsurkov,  
G.M. Vladykov,  
(?)



Коллектив Первой АЭС. 1978 г.

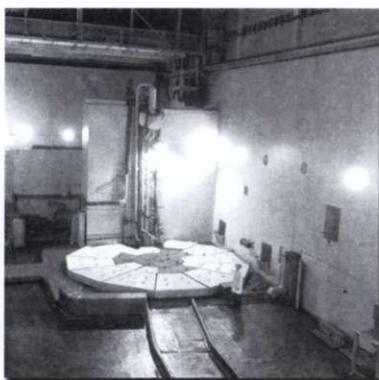
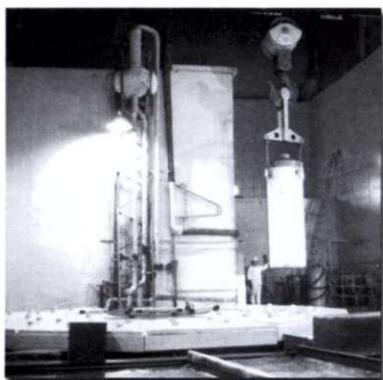
Staff of the First NPP, 1978



Сотрудники Инженерной лаборатории АЭС

Personnel of Engineering Laboratory of the NPP

# Подготовка к очередному планово-предупредительному ремонту



Сегменты верхней защиты реактора

Segments of the upper shielding of the reactor



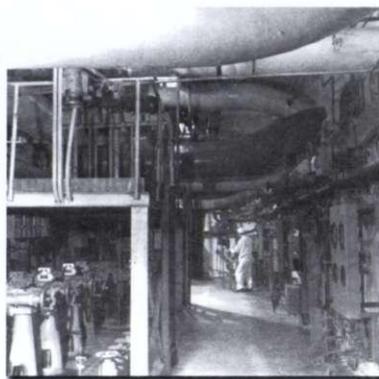
Поднятие центральной защитной плиты реактора

Lifting of central shielding plate of the reactor

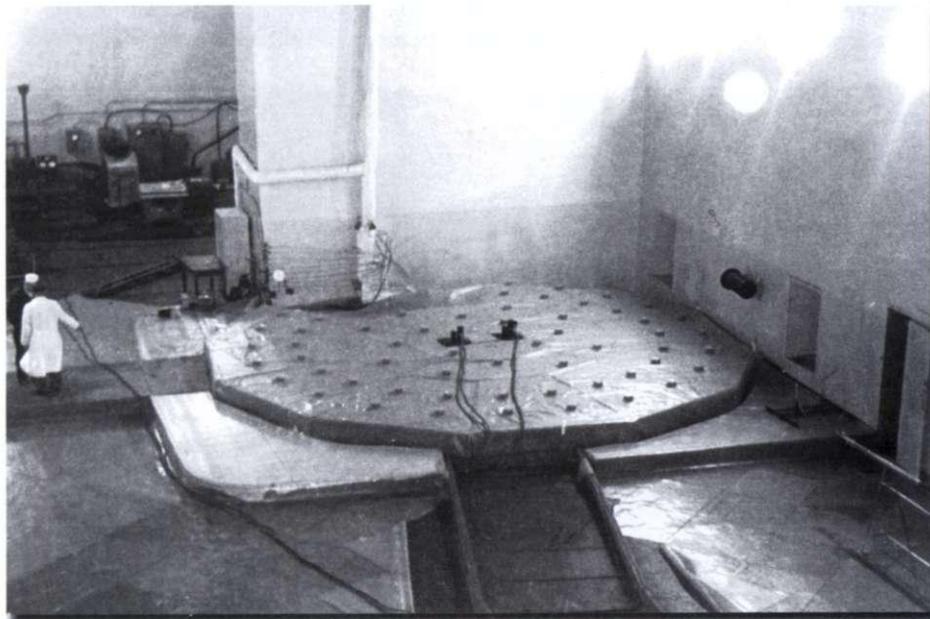


Проведение работ над крышкой реактора

Working on the reactor cover



## PREPARATION FOR THE REGULAR SCHEDULED PREVENTIVE REPAIR



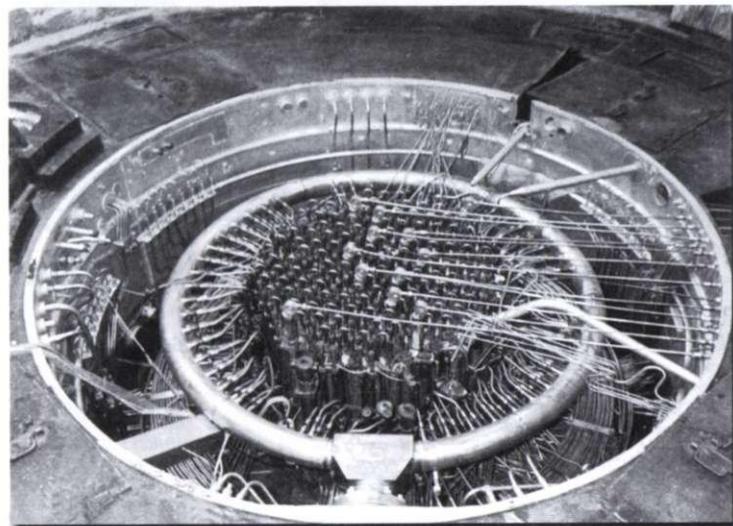
Верхняя защита реактора, видны два привода стержней аварийной защиты

Upper shielding of the reactor; two drives of reactor safety rods are shown



В.Г. Коночкин (слева) и Н.А. Леонов (начальник смены)

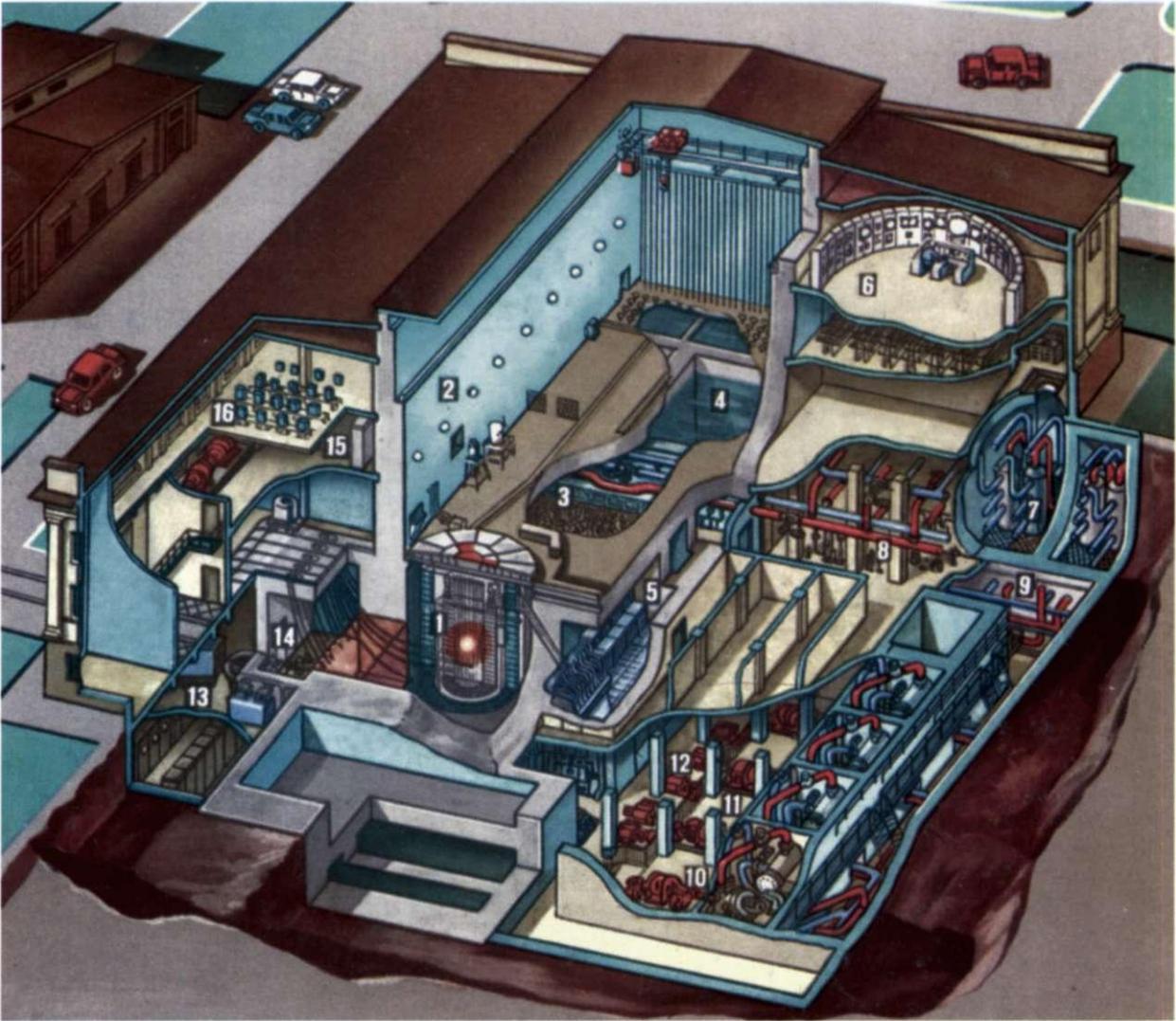
V.G. Konochkin (at the left) and N.A. Leonov (Head of Shift)



Верхняя часть реактора с трубопроводами подвода и отвода теплоносителя; видны элементы СУЗ – тросики стержней управления реактором

Reactor top with coolant supply and discharge pipelines; CSS elements, i.e. cable threads of reactor control rods are shown

# Компоновка Первой в мире АЭС LAYOUT of the World's First NPP

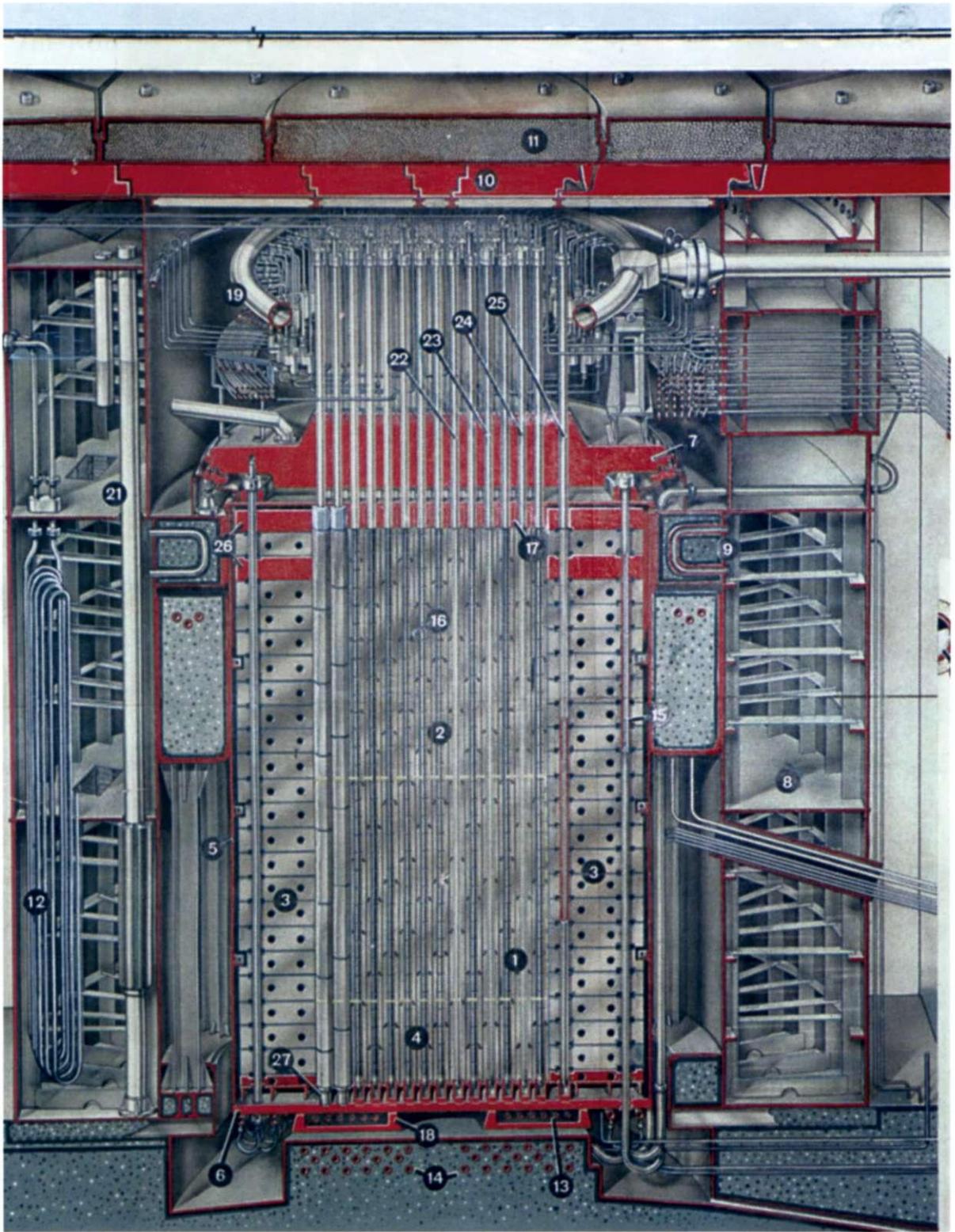


1. Реактор АМ
2. Центральный зал
3. Сервоприводы стержней управления
4. Бассейн выдержки
5. Распределительный коллектор I контура
6. Центральный пульт управления
7. Парогенератор
8. Привод задвижки I контура

9. Коридор коммуникаций I контура
10. Циркуляционный насос
11. Насосный узел станции
12. Подпиточный насос I контура
13. Физическая лаборатория
14. Лаборатория для получения изотопов
15. Щит постоянного тока
16. Аккумуляторная батарея

1. AM reactor
2. Reactor hall
3. Servo drives of control rods
4. Storage pool
5. Discharge header of the primary circuit
6. Central control board
7. Steam generator
8. Primary valve drive
9. Passageway of the primary circuit distribution lines

10. Main pump
11. Pumping station of the NPP
12. Primary replenishing pump
13. Physical Laboratory
14. Isotope Production Laboratory
15. DC desk
16. Accumulator battery

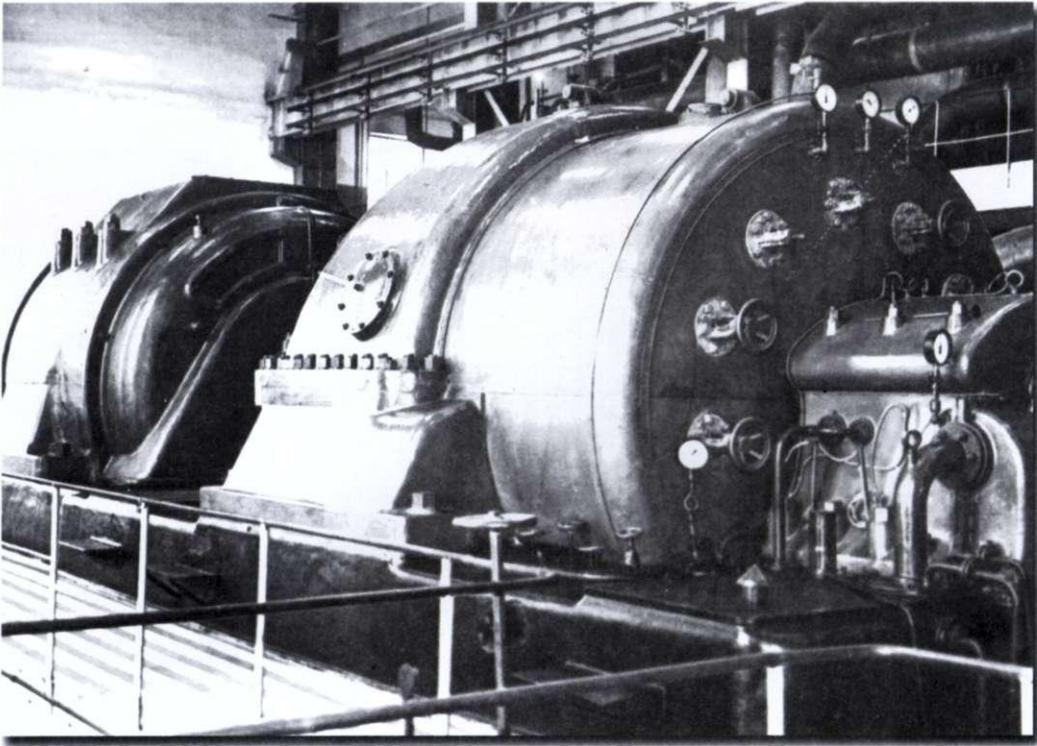


- 1. Активная зона реактора
- 2. Верхний отражатель
- 3. Боковой отражатель
- 4. Нижний отражатель
- 5. Кожух реактора
- 6. Нижняя плита
- 7. Верхняя плита
- 8. Водяная защита
- 9. Водяная бетонная защита
- 10. Нижний ряд защитных плит
- 11. Верхний ряд защитных плит
- 12. Охлаждение водяной защиты
- 13. Охлаждение нижней плиты
- 14. Охлаждение бетонного основания

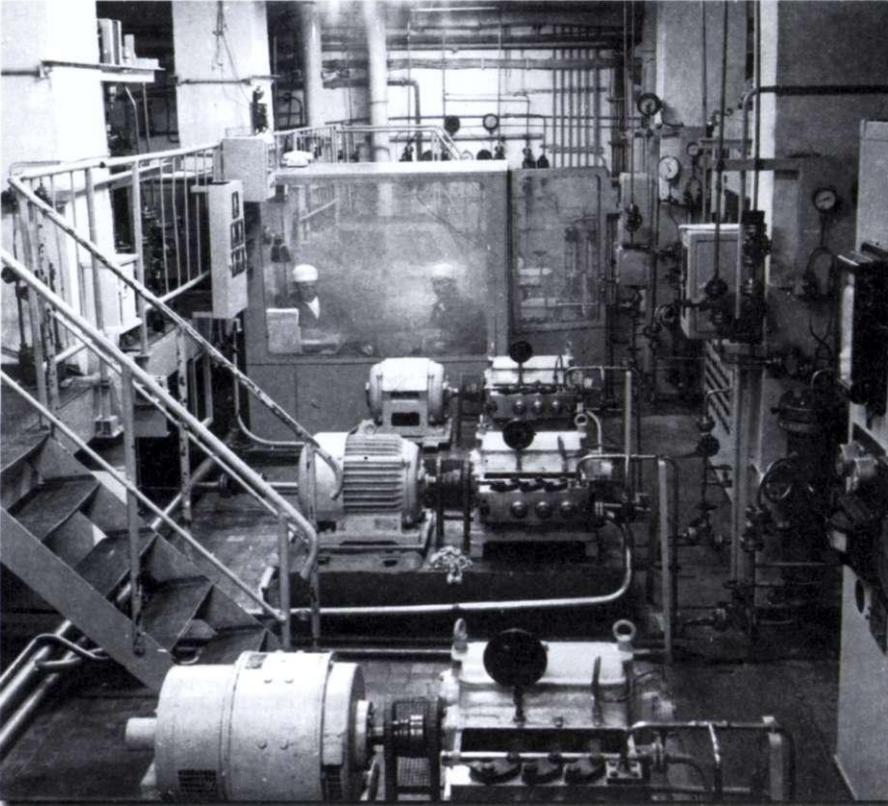
- 15. Стояк системы охлаждения отражателя
- 16. Нейтронная защита
- 17. Чугунные блоки
- 18. Опорное кольцо
- 19. Выходной коллектор
- 20. Напорный коллектор
- 21. Канал ионизационной камеры
- 22. Технологический канал
- 23. Канал аварийной защиты
- 24. Канал компенсирующего стержня
- 25. Канал стержня автоматического регулирования
- 26. Чугунные секции
- 27. Опорный стан

- 1. Reactor core
- 2. Upper reflector
- 3. Radial reflector
- 4. Lower reflector
- 5. Reactor jacket
- 6. Lower plate
- 7. Upper plate
- 8. Water shielding
- 9. Upper concrete shielding
- 10. Lower row of shielding plates
- 11. Upper row of shielding plates
- 12. Cooling of water shielding
- 13. Lower plate cooling
- 14. Concrete base stand cooling

- 15. Riser of reflector cooling system
- 16. Neutron shielding
- 17. Cast iron units
- 18. Support ring
- 19. Outlet plenum
- 20. High pressure plenum
- 21. Ionization chamber channel
- 22. Technological channel
- 23. Safety system channel
- 24. Shim rod channel
- 25. Control rod channel
- 26. Cast iron sections
- 27. Support block



Турбина и генератор реактора АЭС  
Turbine and generator of the NPP



Помещение подпиточных насосов. Видны рабочие места инженера-механика и оператора насосного узла  
Replenishing pumps room. Working places of Mechanical Engineer and Operator of the pumping station are shown

**Роль Первой в мире АЭС в развитии атомной энергетики  
и международного сотрудничества**  
**THE ROLE OF THE WORLD'S FIRST NPP IN THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER  
AND INTERNATIONAL COOPERATION**



Председатель Комиссии по атомной энергии США Дж. Маккоун на Первой АЭС. 1958 г. Слева направо: Д.М. Овечкин, А.И. Лейпунский, Дж. Маккоун, Г.Н. Ушаков, Л.А. Кочетков  
J. McKeown, Chairman of the US Atomic Energy Commission at the First NPP, 1958 From left to right: D.M. Ovechkin, A.I. Leipunsky, J. McKeown, G.N. Ushakov, L.A. Kotchetkov



Справа налево: И.В. Курчатов, Дж. Маккоун, В.С. Емельянов  
From right to left: I.V. Kurchatov, J. McKeown, V.S. Emelyanov



Встреча правительственной делегации Индии.  
Выходят Дж. Неру, И. Ганди, Д.И. Блохинцев (справа, в светлом костюме). 1955 г.

The visit of Governmental delegation from India.  
J. Nehru, I. Gandhi and D.I. Blokhintsev (in light suit, on the right),



Президент Индонезии А. Сукарно делает запись о впечатлениях,  
полученных при посещении Первой АЭС. 1956 г.

A Sukarno, President of Indonesia is inscribing on his impression of the visit to the First NPP, 1956



Прием делегации Демократической республики Вьетнам.  
Справа налево: Д.И. Блохинцев, Е.П. Славский, (?), Хо Ши Мин. 1955 г.  
Visit of delegation of Democratic Republic of Vietnam.  
From right to left: D.I. Blokhintsev, E.P. Slavsky, (?), Ho Chi Minh, 1955



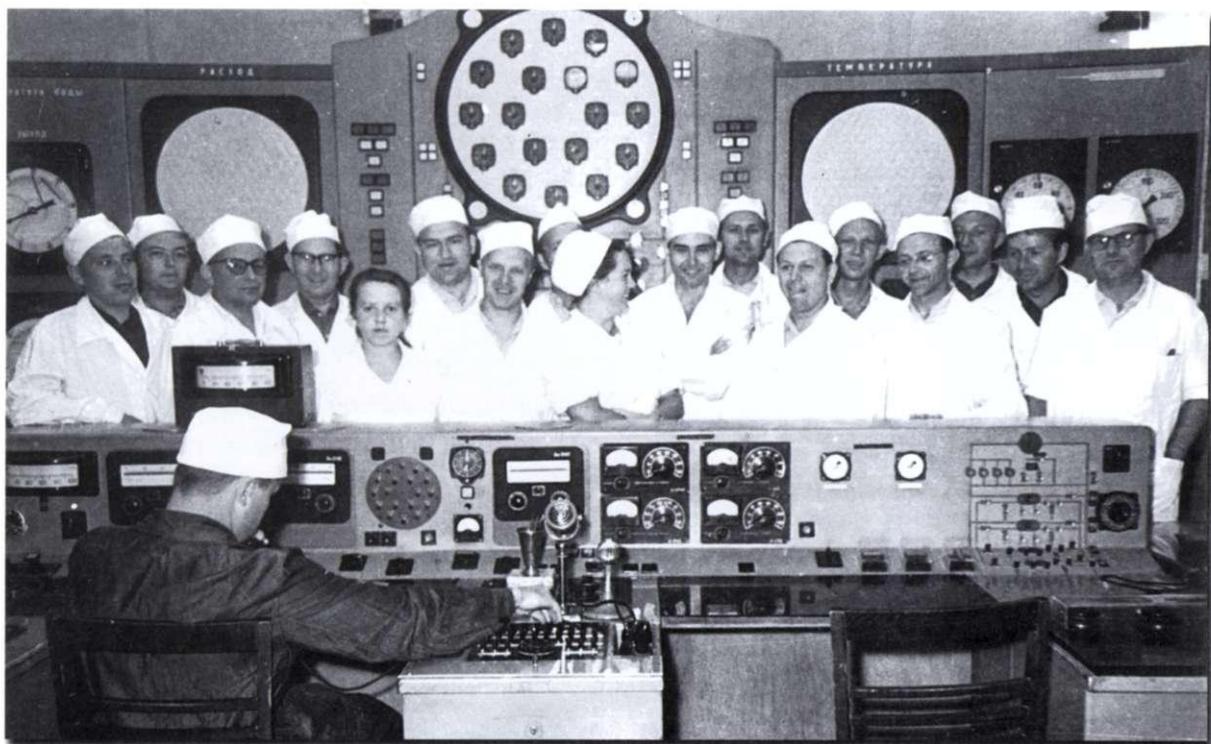
Делегация Северной Кореи: Ким Ир Сен (в центре) и другие гости слушают рассказ о Первой АЭС.  
Крайний слева Е.П. Славский. Середина 1950-х гг.  
Delegation of Northern Korea: Kim Ir Sen (in the center) and other guests are listening to the story  
about the First NPP. E.P. Slavsky is leftmost. Mid 1950-ies.



Прием делегации Югославии. 1954 г.  
Слева направо: Г.М. Маленков, М.Г. Первухин, Иосип Броз Тито  
Reception of the Yugoslavian Delegation. 1954.  
From left to right: G.M. Malenkov, M.G. Pervukhin, Josip Broz Tito

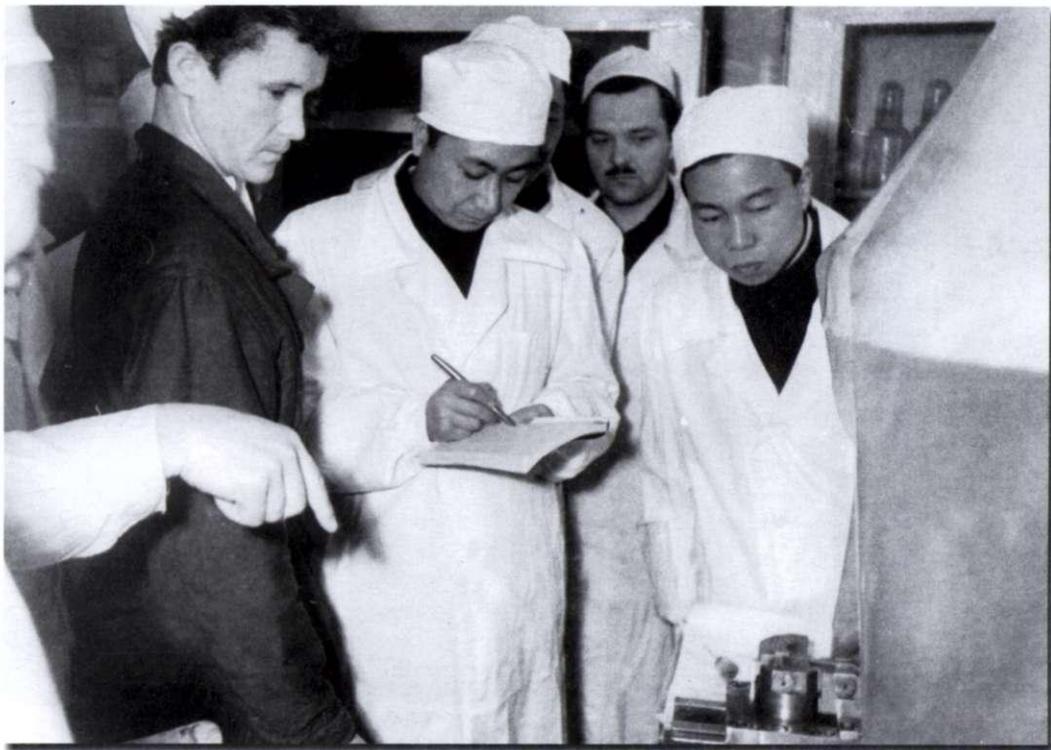


Принц Саудовской Аравии Фахд эль-Фейсал Аль Фахран после посещения АЭС. 1962 г.  
Fahd el-Feisal, the Prince of the Saudi Arabia after his visit to the NPP, 1962



Группа немецких стажеров с первой АЭС ГДР «Райнсберг». 6-й справа Г. Аккерманн (руководитель группы), 8-й – Л.А. Кочетков (главный инженер Первой АЭС). 1961 г.

The group of the German trainees from the first GDR NPP "Reinsberg". G. Akkermann (Head of the group) is the 6 from the right, and L.A. Kotchetkov (Chief Engineer of the First NPP) is the 8 from the right, 1961



Китайские стажеры. 1960 г.  
Chinese trainees, 1960



Итальянские парламентарии делают запись в Книге почетных гостей Первой АЭС. 1959 г.  
Representatives of the Italian Parliament are inscribing in the Book of Honorable Guests of the First NPP, 1959



Парламентская делегация Ганы во главе с министром экономики  
Кодто Ботано (крайний справа). 1960 г.  
Ghana Parliament delegation headed by Kodto Botano,  
the Minister of Economy (rightmost), 1960



Главный редактор английского журнала по атомной энергии Д. Шоу за пультом управления Первой АЭС. 1961 г.

J. Show, Editor in Chief of the English Nuclear Energy Magazine at the control board of the First NPP, 1961



Прием делегации индийских ученых во главе с председателем Комитета по атомной энергии Индии Хоми Д. Баба. 1960 г. Внимание гостей привлек тепловыделяющий элемент топливного канала в вырезе графитовой втулки

Visit of delegation of Indian scientists headed by H. Bhabha, the Chairman of Atomic Energy Committee of India. The attention of the guests was attracted by the fuel element of the fuel channel in the graphite sleeve cutout, 1960



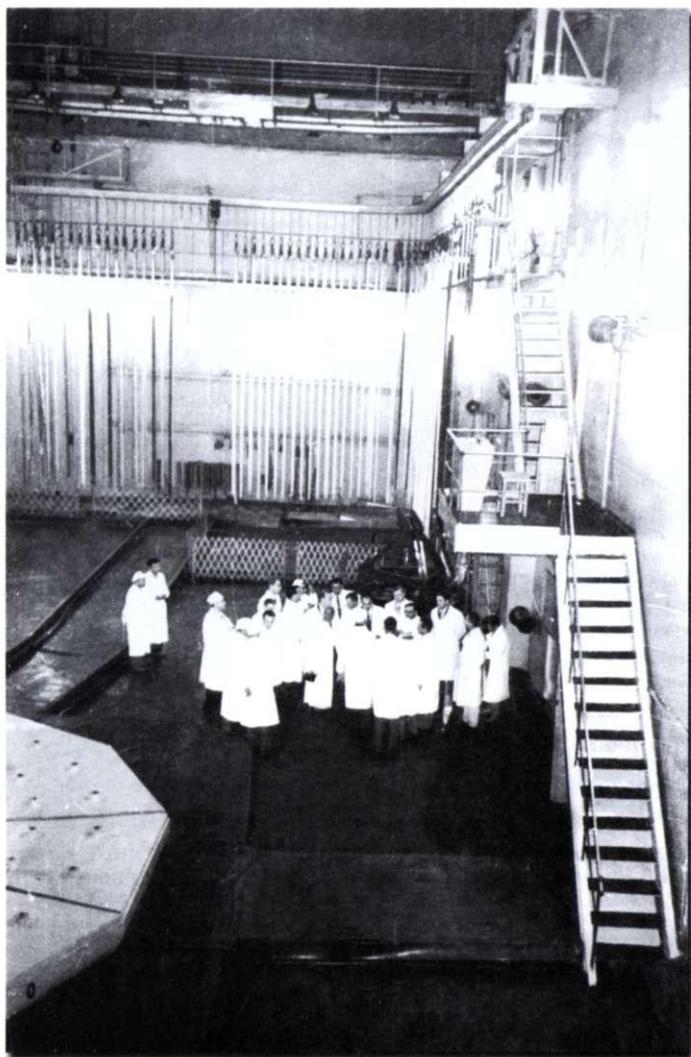
Делегаты Московского всемирного фестиваля молодежи и студентов около хранилища отработанных топливных элементов реактора АЭС. 1957 г.

Delegates of Moscow All-world Festival of Youth and Students near the storage of spent fuel elements of the NPP reactor, 1957



Студенты Высшего технического училища Дании у главного входа в здание АЭС. 1962 г.

Students of High Technical College of Denmark at the main entrance of the NPP building, 1962



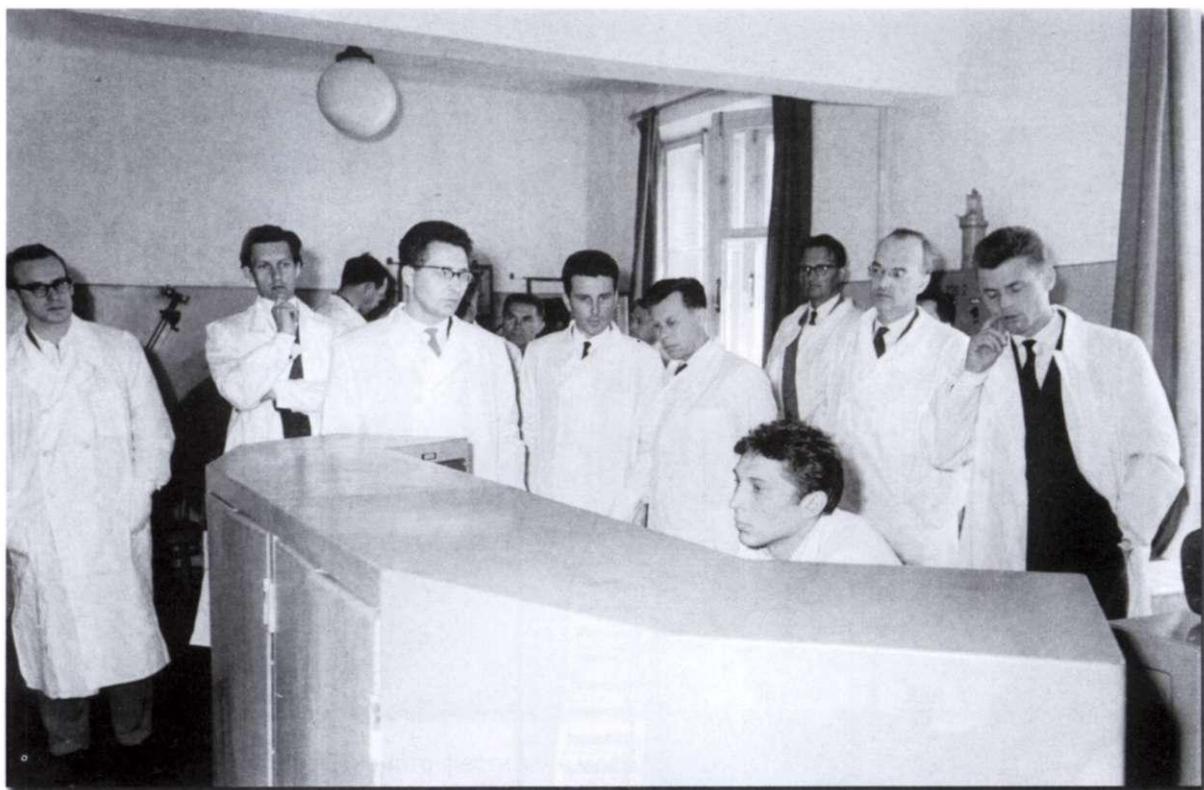
Первый приезд Г. Сиборга в ФЭИ.  
Американская делегация  
в центральном реакторном  
зале АЭС. 1963 г.

The first visit of G. Seaborg  
to the IPPE. American delegation in  
the reactor hall. 1963



Представители Комиссариата по атомной энергии Франции во главе с верховным комиссаром  
Ф. Перреном на Первой АЭС. В роли экскурсовода – А.К. Красин. Конец 1950-х гг.

Delegation of CEA, France headed by F. Perrin, The Supreme Commissioner at the First NPP.  
A.K. Krasin is serving as a guide. Late 1950-ies



Клаус Фукс (второй справа) во главе делегации ГДР в ФЭИ. 1963 г. Самому знаменитому разведчику атомных секретов США, передававшему в 1943-1946 гг. советской разведке информацию из Лос-Аламоса о первой атомной бомбе, были показаны все исследовательские реакторы ФЭИ

Klaus Fuchs (the second from the right) heading GDR delegation at the IPPE in 1963. All research reactors of the IPPE were demonstrated to the most famous USA atomic secrets scout who in 1943-1946 period forwarded information about the first American atomic bomb from Los Alamos to the Soviet Secret Service

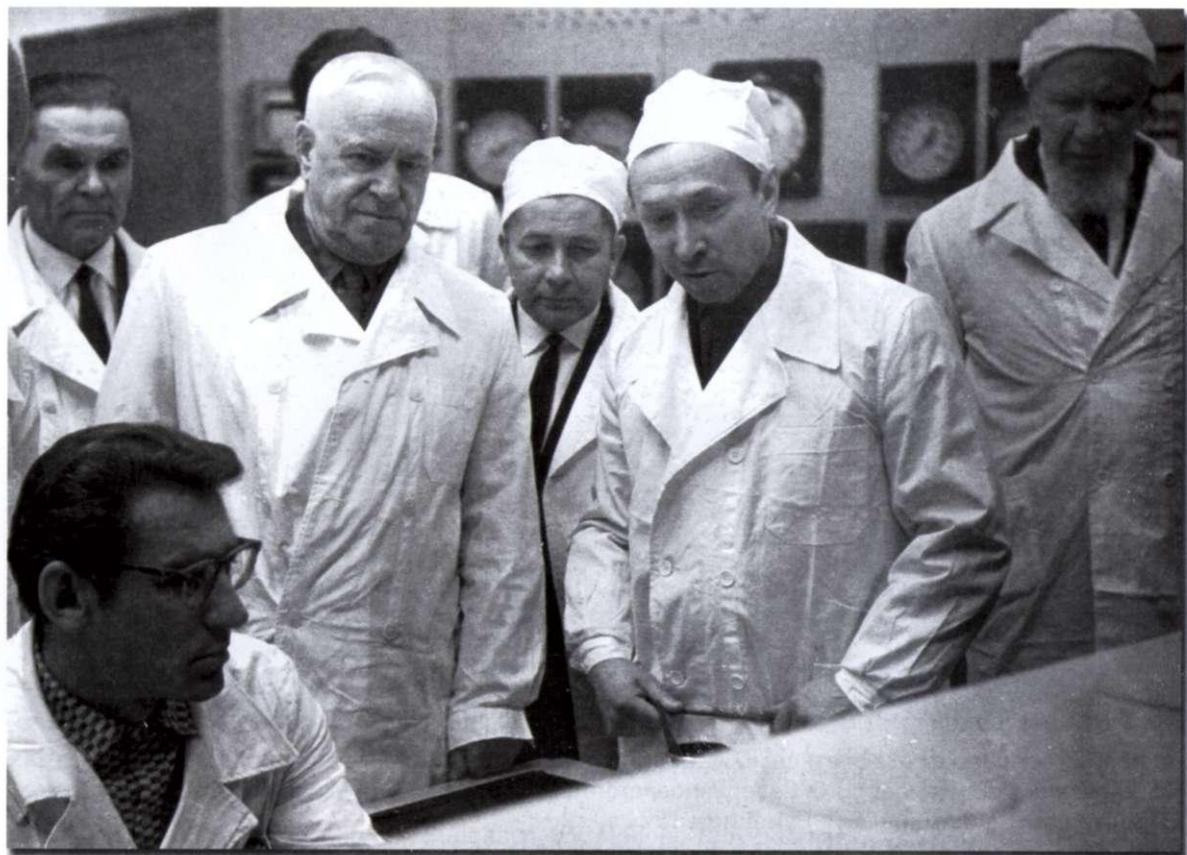


Визит военной делегации США

Visit of the US Army delegation



Ю.А. Гагарин на пульте управления АЭС. Пояснения дает В.Г. Коночкин. 1966 г.  
Yu.A. Gagarin at the control board of the NPP. V.G. Konochkin is making explanation. 1966



Г.К. Жуков. Пояснения дает Г.Н. Ушаков. 1967 г.  
G.K. Zhukov's visit. G.N. Ushakov is making explanations, 1967



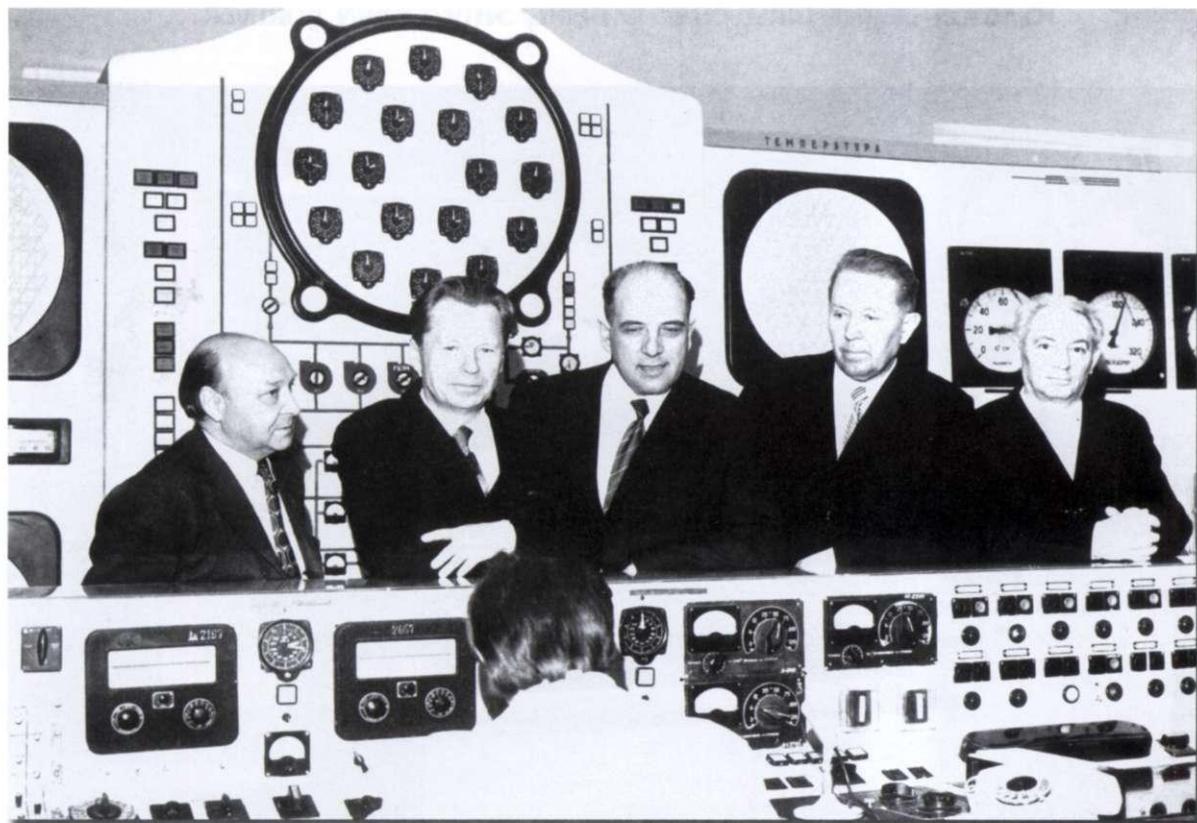
Слева направо: А.И. Чурин, Д.И. Блохинцев, В.С. Северьянов, А.К. Красин, Д.М. Овечкин, И.Т. Табулевич. 1974 г.

From left to right: A.I. Churin, D.I. Blokhintsev, V.S. Severyanov, A.K. Krasin, D.M. Ovechkin, I.T. Tabulevich, 1974



Сидят слева направо: Л.А. Кочетков, Ю.А. Сергеев, З.М. Курова, Д.М. Овечкин, М.Е. Минашин, Б.Г. Дубовский, А.В. Камаев, В.С. Северьянов; стоят: Ю.И. Орехов, Г.В. Мерзликин, М.Н. Ланцов, Н.И. Борзов, А.В. Чистилин, Г.Я. Румянцев. 1974 г.

From left to right, sitting: L.A. Kotchetkov, Yu.A. Sergeev, Z.M. Kurova, D.M. Ovechkin, M.E. Minashin, B.G. Dubovsky, A.V. Kamaev, V.S. Severyanov; standing: Yu.I. Orekhov, G.V. Merzlikin, M.N. Lantsov, N.I. Borzov, A.V. Chistilin, G.Ya. Rumyantsev, 1974



Слева направо: Н.И. Борзов, М.Н. Ланцов, М.Е. Минашин, Д.М. Овечкин, Б.Г. Дубовский  
 From left to right: N.I. Borzov, M.N. Lantsov, M.E. Minashin, D.M. Ovechkin, B.G. Dubovsky



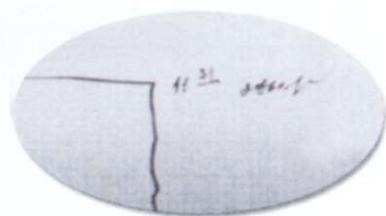
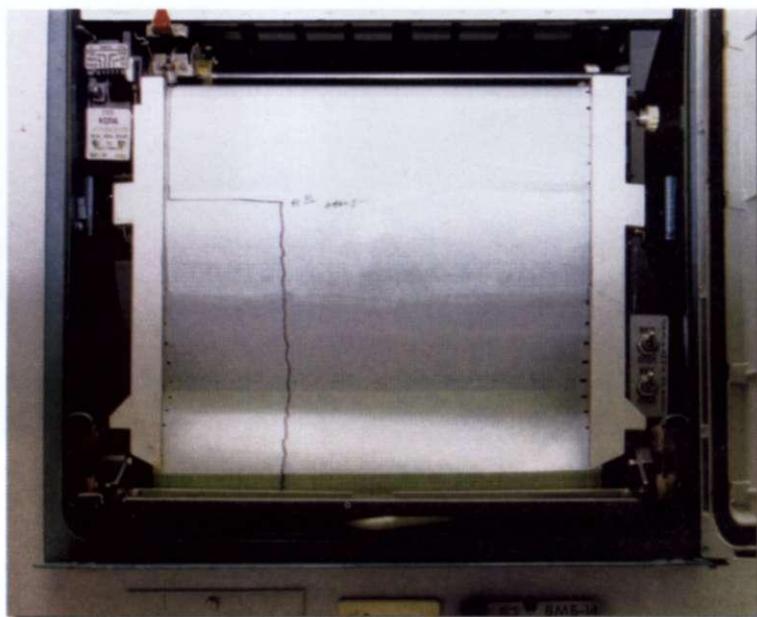
Слева направо: П.А. Николенко, О.А. Судницын, В.В. Малинин, Ю.А. Стужнев, Т.М. Колыженкова,  
 Б.А. Семенов, Ю.В. Евдокимов, К.К. Орлов. 1994 г.  
 From left to right: P.A. Nikolenko, O.A. Sudnitsyn, V.V. Malinin, Yu.A. Stuzhnev, T.M. Kolyzhenkova,  
 B.A. Semyonov, Yu.V. Evdokimov, K.K. Orlov, 1994

РЕАКТОР Первой в мире АЭС ОСТАНАВЛИВАЕТСЯ НАВСЕГДА...

REACTOR OF THE FIRST NPP IS BEING SHUT DOWN FOREVER...



Момент остановки реактора: Л.А. Кочетков нажимает кнопку аварийной защиты реактора.  
29 апреля 2002 г. Слева направо: В.С. Беззубцев, В.В. Кузин, А.В. Зродников, В.М. Поплавский,  
Л.А. Кочетков, Ю.А. Стужнев, А.И. Штыфурко; на месте главного оператора пульта В.Б. Ушаков  
The point of reactor shutdown: L.A. Kochetkov is pushing the button of reactor safety system,  
29 April 2002 From left to right: V.S. Bezzubtsev, V.V. Kuzin, A.V. Zrodnikov, V.M. Poplavsky,  
L.A. Kochetkov, Yu.A. Stuzhnev, A.I. Shtyfurko. V.B. Ushakov is on the working place  
of the Chief Operator of the control board



29 апреля 2002 г. 11 часов 31 мин.  
Самописец показал снижение  
нейтронного потока в реакторе  
до нуля

April 29, 2002, 11:31 a.m. recording  
instrument showed decrease  
of the neutron flux in the reactor  
down to zero

На церемонии закрытия АЭС 29 апреля 2002 г.  
At the Ceremony of Closing NPP on 29 April 2002



Начальники Первой АЭС.  
Слева направо:  
А.И. Штыфурко,  
Ю.А. Стужнев, В.Г.  
Коночкин,  
В.С. Северьянов  
Directors of the First NPP.  
From left to right:  
A.I. Shtyfurko,  
Yu.A. Stuzhnev,  
V.G. Konochkin,  
V.S. Severyanov



Сотрудники и ветераны АЭС  
NPP staff and veterans



Слева направо:  
С.А. Болонкин,  
Л.А. Кочетков,  
Ю.В. Евдокимов,  
В.Е. Эпатов,  
А.В. Карпов,  
В.А. Коновалов  
From left to right:  
S.A. Bolonkin,  
L.A. Kotchetkov,  
Yu.V. Evdokimov,  
V.E. Epатов,  
A.V. Karpov,  
V.A. Konovalov

# Ядерного топлива в реакторе больше нет... NO MORE NUCLEAR FUEL IN THE REACTOR



Извлечение последнего штатного технологического (топливного) канала из ячейки реактора. 9 августа 2002 г.

Withdrawal of the last standard technological (fuel) channel from the reactor, August 9, 2002



Бригада, производившая извлечение последнего топливного канала.  
Слева направо: В.И. Бражников, М.В. Полтавский, Н.И. Щипков, Н.Н. Горюнов,  
А.Ю. Казанский, Е.Г. Егоров, А.В. Журин, А.И. Штыфурко

The team involved in withdrawing last fuel channel  
From left to right: V.I. Brazhnikov, M.V. Poltavsky, N.I. Shchipkov, N.N. Goryunov,  
A.Yu. Kazansky, E.G. Egorov, A.V. Zhurin, A.I. Shtyfurko



Коллектив Первой АЭС в год 50-летия. Апрель 2004 г

The First NPP staff in the year of its 50 Anniversary, April 2002

Первая в мире АЭС – исследовательская база  
для создания ЯЭУ новых поколений  
THE World's First NPP is a RESEARCH BASIS for the development  
of NEW GENERATION NPP



Реакторы атомных подводных лодок  
проекта 705  
Reactors of 705 project nuclear submarines



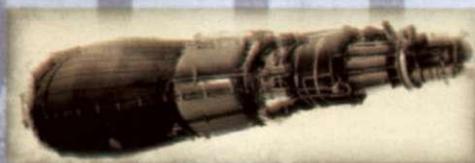
Белоярская АЭС, реакторы АМБ  
Beloyarsk NPP, AMB reactors



Транспортабельная атомная  
электростанция ТЭС-3  
Transportable atomic power plant TES-3



Билибинская АТЭС, реактор ЭГП-6  
Bilibino co-generation plant, EGP-6 reactor



ЯЭУ для космических аппаратов БУК  
и ТОПАЗ  
NPP for BOUK and TOPAZ spacecrafts



Ленинградская АЭС, РБМК  
Leningrad NPP, RBMK

## ПЕРВЫЕ ЛАУРЕАТЫ ЛЕНИНСКОЙ ПРЕМИИ



За создание Первой в мире атомной электростанции Дмитрию Ивановичу Блохинцеву, Николаю Антоновичу Доллежалю, Андрею Капитоновичу Красину и Владимиру Александровичу Малых присуждена Ленинская премия. Они — первые лауреаты Ленинской премии среди обнинских ученых.



НА СНИМКАХ (слева направо): академик АН СССР Д. И. Блохинцев, академик АН СССР Н. А. Доллежал, академик АН БССР А. К. Красин, Герой Социалистического Труда, доктор технических наук, профессор В. А. Малых.

Снимки из фотоархива ФЭИ.

## БУДНИ АЭС

**ЗАКОНЧИЛСЯ** еще один, двадцатый год работы Первой в мире АЭС. Как и все предыдущие — это был год напряженного труда, плодотворной исследовательской работы.

Какие же задачи решаются сейчас на Первой АЭС? Интересные работы проводятся по испытанию топливных каналов с интенсификаторами теплообмена. Эти эксперименты обещают возможность создания прямого реактора, на перегретом паре, обладающего при хорошем коэффициенте полезного действия значительно более простой технологической схемой. В каналах реактора этот процесс, процесс полного испарения и получения перегретого пара уже осуществлен и осуществлен впервые в мире в этом году. Сейчас работы расширяются, ставятся новые интересные задачи; испытываются новые конструкции каналов.

Продолжаются исследования тепловыделяющих эле-

ментов для реакторов интегрального типа, взятых за основу блочных транспортных атомных электростанций «Север». Получены хорошие результаты и готовятся новые эксперименты. Большое внимание уделяется испытаниям электрогенерирующих каналов, в которых исследуются отдельные узлы, материалы для реакторов прямого преобразования ядерной энергии в электрическую. На нескольких экспериментальных петлях изучаются нестационарные режимы этих реакторов, определяются оптимальные характеристики, проходят ресурсные испытания каналов. Ведутся работы по совершенствованию активных зон для реакторов Билибинской АТЭЦ.

Таков, далеко не полный, перечень экспериментальных работ, которые ведутся на станции. Он свидетельствует о том, что значение Первой АЭС для советской атомной науки и техники не падает. Кроме того, огромную роль играет продолжающаяся на проектных параметрах эксплуатация оборудования: реактора, трубопроводов, теплообменников. Как известно, одним из генеральных направлений развития атомной энергетики

в нашей стране являются графитовые каналные реакторы с единичной мощностью блока в 1000 мвт. Такие блоки будут устанавливаться на Чернобыльской, Курской, Смоленской АЭС. Современные АЭС проектируются на срок эксплуатации в 25—30 лет, и идущая впереди Первая атомная дает возможность обоснования многих принципиальных конструкторских решений.

За истекшие годы на станции сформировался крепкий производственный коллектив. Костяк его составляют люди, работающие на АЭС со дня пуска. Это Р. П. Соколов, А. М. Колыженков, В. А. Малышев, Ю. В. Доведчик, Н. Г. Ардабьев, В. А. Копченков, Н. В. Герасимов, В. А. Осипчук и многие другие.

Первая АЭС вступает в свое следующее десятилетие. Перед коллективом стоят новые задачи, направленные на совершенствование экспериментальных устройств, на повышение культуры исследований.

**В. СЕВЕРЬЯНОВ,  
В. ТРЕГУБОВ,**  
сотрудники ФЭИ.



Почтовая марка СССР, выпущенная в честь пуска Первой в мире АЭС  
Postage stamp of the USSR issued in honor of putting the First NPP into operation



Первая АЭС на гербе г. Обнинска.  
1956 – год получения Обнинском статуса города  
The First NPP on the emblem of Obninsk.  
Obninsk was given the city status in 1956

# СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

От редактора (Editorial notes) .....	3
Предисловие. К истории создания Первой в мире АЭС. <i>Ю.В. Фролов</i> .....	5
Документы	
№ 1. Из приказа Первого главного управления при Совете Министров СССР о сооружении опытной установки В-10 .....	17
№ 2. Письмо директора Лаборатории «В» Блохинцева Д.И. первому заместителю начальника ПГУ А.П. Завенягину о ходе работ по проектированию твэла для реактора АМ .....	18
№ 3. Приказ директора Лаборатории «В» о мероприятиях по ускорению разработки твэлов для реактора АМ .....	21
№ 4. Докладная записка М.Е. Минашина о слабой изученности физико-механических констант материалов, используемых в конструкции реактора АМ .....	23
№ 5. Протокол заседания секции № 1 Научно-технического совета Первого главного управления при Совмине СССР .....	25
№ 6. Справка о конструкции, проектировании и сооружении Первой АЭС, подготовленная для Правительства СССР .....	36
№ 7. Приказ Министра среднего машиностроения СССР о назначении комиссии по проверке готовности АЭС к пуску и эксплуатации .....	46
№ 8. Приказ начальника АЭС об укомплектовании дежурных смен .....	49
№ 9. Приказ директора Лаборатории «В» о порядке проведения физпуска реактора АМ .....	51
№ 10. Приказ начальника АЭС об организации радиационной безопасности персонала .....	53
№ 11. Акт комиссии по физическому пуску реактора АМ .....	55
№ 12. Приказ Министра среднего машиностроения СССР о порядке работы членов пусковой комиссии после пуска реактора АМ .....	60
№ 13. Приказ директора Лаборатории «В» о научном руководстве работами на реакторе АМ после пуска .....	61
№ 14. Докладная записка руководителей Министерства и руководителей пуска реактора Первой АЭС Правительству о работе АЭС .....	63
Словарь легенд .....	66
Статьи, воспоминания	
<i>Д.И. Блохинцев</i> . Первая атомная .....	67
<i>А.К. Красин</i> . Создание Первой АЭС и начальный этап ее работы .....	85
<i>М.Е. Минашин</i> . Из истории Первой АЭС .....	90
<i>Л.А. Кочетков</i> . Уроки и наследие Первой в мире АЭС .....	97
Preamble. On the history of the world's First NPP creation. <i>Yu. V. Frolov</i> .....	103
DOCUMENTS	
No 1. Extract from the order of the First Chief Directorate (PGU) under the Council of Ministers of the USSR on constructing the pilot plant V-10 .....	115
No 2. The letter of the Director of Laboratory "V", D.I. Blokhintsev, to the First Deputy Chief of PGU, A.P. Zavenyagin, on the progress of designing the fuel element for the AM reactor .....	116

No 3.	Order of the Director of Laboratory “V” on the measures to speed up the development of a fuel element for the AM reactor .....	118
No 4.	Report of M.E. Minashin on the poor knowledge of physical and mechanical constants of the materials used in AM components .....	120
No 5.	Protocol of the meeting of the First Chief Directorate Scientific and Technical Council Section No 1 under the Council of Ministers of the USSR .....	121
No 6.	Note on the Structure, Design, and Construction of the First NPP Prepared for the Government of the USSR .....	126
No 7.	Order of the Ministry of Medium Machine Building of the USSR on the appointment of a commission for checking the preparedness of the NPP for start-up and operation .....	131
No 8.	Order of the Director of the NPP on the Staffing of the Duty Shifts .....	133
No 9.	Order of the Director of Laboratory “V” on the Procedure of the First Criticality of the AM Reactor .....	135
No 10.	Order of the Director of the NPP on the Management of the Personnel Radiation Safety .....	136
No 11.	Statement of the Commission on the first criticality of the AM reactor .....	137
No 12.	Order of the Minister of Medium Machine Building on the work procedure of the members of the start-up commission after the start-up of the AM reactor .....	140
No 13.	Order of the Director of Laboratory “V” on the scientific management of the work on the reactor AM after the start-up .....	141
No 14.	The report of the Ministry officials and the First NPP reactor start-up managers to the Government on the operation of the NPP .....	142
<b>ARTICLES, MEMOIRS</b>		
	<i>D.I. Blokhintsev.</i> The First Nuclear Power Plant .....	144
	<i>A.K. Krasin.</i> The First NPP Creation and the Initial Stage of its Operation .....	160
	<i>M.E. Minashin.</i> Highlights of the history of the First NPP .....	165
	<i>L.A. Kotchetkov.</i> Lessons and legacy of the World’s First NPP .....	171
	<b>ФОТОГРАФИИ (Photographs)</b> .....	175

УДК 621.311.25 (09)

**Первая в мире атомная электростанция. К 60-летию со дня пуска. Документы, статьи, воспоминания, фотографии.** / Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского». – Обнинск, ФГУП «ГНЦ РФ–ФЭИ», 2014. – 212 с., илл.

Сборник посвящен Первой в мире атомной электростанции в г. Обнинске. Публикуемые материалы отражают историю создания, пуска, начало эксплуатации, научное значение Первой АЭС и её вклад в пропаганду идей мирного атома.

Под общей редакцией *А.А. Говердовского*

Составители: *Ю.В. Фролов, Ю.А. Левченко*

Научный консультант *Л.А. Кочетков*

Перевод на англ. яз.: *Е.И. Андросенко, А.А. Илюхина, А.Ю. Кураченко, И.А. Невская, И.В. Суркова, В.В. Яровицин (ред. перевода)*

Макет: *Л.Н. Чикинёва*

Верстка: *В.Н. Долженко*

Фотографии: *А.М. Павлюткин, А.Ф. Прунцов, Н.В. Пикулин, С.А. Стожилов, С.А. Данильченко*

Обработка документов и фото: *О.Д. Петухова, Л.Н. Чикинёва*

Обложка: *О.Д. Петухова*

В дизайне обложки использована фотография из журнала «Огонёк», 1979, № 27.

ISBN 978-5-9901168-9-4

© ФГУП «ГНЦ РФ–ФЭИ», составление, документы, фотографии, дизайн, 2014

---

Отпечатано с электронных носителей  
в Издательско-полиграфическом комплексе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,  
г. Саров Нижегородской обл., ул. Силкина, 23

Подписано в печать 21.05.2014. Формат 60×84/8  
Усл. печ. л. 24, 9. Печать офсетная. Бумага мелованная  
Тираж 1000 экз. Зак. тип. 1310-2014

---

**The World's First Nuclear Power Plant. In commemoration of the 60<sup>th</sup> anniversary of the commissioning. Documents, articles, memoirs, photographs.** / Federal State Unitary Enterprise "State Scientific Centre of the Russian Federation – Institute for Physics and Power Engineering named after A. I. Leypunsky". – Obninsk, FSUE "SSC RF – IPPE", 2014. – 212 p.

This edition is dedicated to the World's First Nuclear Power Plant in Obninsk. The published materials reflect the history of its creation, commissioning, early stage of operation, scientific importance and its contribution into the promotion of the peaceful atom.

Under the general editorship *A. A. Goverdovski*

Compilers: *Yu. V. Frolov, Yu. A. Levchenko*

Scientific consultant: *L. A. Kotchetkov*

Translation into English: *E. I. Androsenko, A. A. Ilyukhina, A. Yu. Kurachenko,  
I. A. Nevskaya, I. V. Surkova, V. V. Yarovitsin (translation editor)*

Layout design: *L. N. Chikinyova*

Make-up: *V. N. Dolzhenko*

Photographs: *A. M. Pavlyutkin, A. F. Pruntov, N. V. Pikulin, S. A. Stozhilov, S. A. Danilchenko*

Processing of documents and photographs: *O. D. Petukhova, L. N. Chikinyova*

Cover design: *O. D. Petukhova*

Cover design includes a photograph from "Ogonyok" magazine, No. 27, 1979

ISBN 978-5-9901168-9-4

© FSUE "SSC RF – IPPE", compiling,  
documents, photographs, design, 2014

