

отопления городов и производство тепла, электроэнергии и восстановителей для металлургической промышленности. Работы большого масштаба идут и в этом направлении.

Конечно, все это имеет смысл только в том случае, если рассматривать участие в энергетике быстрых реакторов-размножителей с коротким временем воспроизводства ядерного горючего. Только в этом случае ресурсы ядерного топлива могут обеспечить нужды человечества на много столетий. Широкое развитие атомной энергетике несет с собой много сложных проблем, как, например, длительное и безопасное хранение радиоактивных отходов. Задачи эти, однако, разре-

шимы, хотя и трудны в инженерном смысле. Атомная энергетика — очень своевременный дар науки человечеству, величайшее благо, и было бы безумием это благо употребить для гибели человечества.

Наряду с развитием атомной энергетике деления тяжелых ядер сейчас ведутся работы по атомной энергетике синтеза ядер, термоядерной энергетике, имеющей практически неисчерпаемые ресурсы. Это одна из труднейших научных задач, однако она успешно развивается. Вероятно, овладение энергией управляемого термоядерного синтеза фундаментально разрешит проблему длительного развития человеческого общества на Земле...

УДК 621.039

## Рождение атомной энергетики

ДОЛЛЕЖАЛЬ Н. А.

В наше время атомная энергетика уже приобрела обычное представление, и вопрос о необходимости ее развития не возникает. В СССР, как и во многих других странах, разрабатываются долгосрочные планы ее развития, постоянно ведутся исследования по совершенствованию используемых при этом технических средств, развиваются как традиционные, так и новые фундаментальные и инженерные научные дисциплины. Однако не лишне вспомнить, что первая в мире атомная электростанция, давшая ток в промышленную сеть, была построена в Советском Союзе и что инициатором и непосредственным руководителем ее создания был Игорь Васильевич Курчатов. Автору этих строк посчастливилось под руководством Игоря Васильевича возглавлять большинство инженерных и конструкторских разработок с первых дней зарождения атомной техники. Поскольку многие из них нашли свое применение и в дальнейших осуществлениях, связанные с этим воспоминания могут показаться интересными.

Мое знакомство с Игорем Васильевичем относится к концу 1945 — началу 1946 гг. В то время я возглавлял Научно-исследовательский институт химического машиностроения, и поэтому, по-видимому, Игорь Васильевич решил привлечь меня в качестве главного

конструктора большого реактора для осуществления самоподдерживающейся цепной реакции деления ядер урана. В СССР тогда ни у кого никакого опыта в этой области не было, но, вероятно, угадывалось, что область химического машиностроения является наиболее близкой. Как шутя сказал Игорь Васильевич, разница лишь в том, что реакции будут протекать, так сказать, не на молекулярном уровне, как это имеет место в химическом производстве, а на ядерном.

Первое задание на разработку ядерного реактора промышленного типа было сформулировано И. В. Курчатовым в январе 1946 г. Однако уже самые первые проработки показали, что его осуществление связано с необходимостью преодолеть очень сложные расчетные и технологические трудности. В марте 1946 г. задание было пересмотрено, эскизный проект одобрен и началась разработка технического проекта. К этому времени к решению этой совершенно новой задачи были привлечены многие крупные специалисты нашей страны, и в этом сказалось поразительное умение Игоря Васильевича увлекать людей работой и заражать их перспективами.

Технический проект реактора был рассмотрен комиссией из видных специалистов и в августе 1946 г. принят к строительству. В

*Всякое начало трудно — эта истина справедлива для каждой науки.*

*К. Маркс*

этом проявилось еще одно качество Игоря Васильевича Курчатова. Ведь еще не был осуществлен пуск опытного реактора нулевой мощности Ф-1 (он был пущен только в декабре 1946 г.). И поэтому свою уверенность в правильности принятых решений Игорь Васильевич основывал на большом числе промежуточных локальных исследований, интенсивно проводившихся под его руководством по широкой программе в различных институтах и на заводах. Этим в известной мере можно объяснить и успех, которым увенчался пуск опытного реактора [1].

Может показаться, что такой путь решения совершенно новой как в научном, так и в инженерном отношении задачи является рискованным. Несомненно, однако, что главное, в чем Игорь Васильевич не сомневался, — это в необходимости «не опоздать», решить задачу максимально быстро. Позже все мы поняли, что только так и надо было действовать, потому что в то время человечество находилось в тревожном состоянии, вызванном трагическими последствиями атомных взрывов над японскими городами Хиросимой и Нагасаки. Волновало сознание односторонности владения этим видом оружия. Примечательно, что такой метод решения сложных новых задач вошел в практику, и сейчас мы даже порой не представляем себе, как можно поступать иначе.

Первый промышленный реактор, как известно, был пущен в 1948 г. [1]. Он имел технологическое назначение, и использование тепла, возникающего в процессе деления ядер урана, не предусматривалось. Однако пути реализации такой возможности в разных обстоятельствах обсуждались в течение всего времени сооружения реактора. Конкретные формы они приняли к концу 1949 г., когда созрела идея сооружения опытной экспериментальной установки, которая показала бы возможность использования тепла деления для производства электроэнергии. После предварительных рассмотрений ряда предложений было принято решение о строительстве опытной атомной электростанции мощностью 5000 кВт(эл.) в соответствии с имеющейся в то время свободной турбиной такой мощности. Естественно, что и параметры пара, который должен был вырабатываться с помощью реактора, определялись характеристикой турбины.

Было сформулировано несколько главных требований, которым должен был удовлетворять реактор: возможность использования

при его создании уже полученных знаний для проведения ядерно-физических расчетов реактора, а это означало, что реактор должен работать на тепловых нейтронах; замедлителем нейтронов должен быть графит, а теплоносителем обычная вода. Должны были приняты меры к исключению последствий, связанных с попаданием урана или продуктов его деления в теплоноситель, что определило трубчатый тип твэла. Эти и многие другие требования должны были исключить возможность возникновения каких-либо неполадок при эксплуатации реактора, что неизбежно скомпрометировало бы идею мирного использования атомной энергии и что, как мне казалось, Игорь Васильевич считал недопустимым. Этим можно прежде всего объяснить то исключительное внимание, которое он уделял всем возникавшим главным вопросам в течение всего времени создания реактора и атомной станции.

События, связанные с созданием Первой в мире АЭС (а так она значится в международном перечне), описаны в настоящей время подробно [2]. Ее роль первенца атомной энергетики, а Игоря Васильевича Курчатова как основоположника общепризнанны, значение ее для будущих разработок энергетических реакторов не умалится, по-видимому, никогда, как никогда не забудется значение работ Можайского в развитии авиации и выдающихся трудов Циолковского в ракетной технике.

Изучение возможностей мирного использования тепла ядерных реакций не ограничивалось только стационарной энергетикой. Вскоре после принятия решения о строительстве Обнинской АЭС начались поиски возможных путей использования этого вида энергии в судостроении. Энергичные меры, предпринятые в этом направлении Игорем Васильевичем, как известно, привели к созданию в 1957 г. ледокола «Ленин» с атомными энергетическими установками, с помощью которого были решены крайне важные для нашей страны задачи, связанные с продлением сроков арктической навигации и возможностью проводить суда в тяжелых ледовых условиях.

Первая в мире АЭС была пущена в 1954 г. Но еще раньше Игорь Васильевич постоянно ставил вопрос о необходимости разрабатывать более мощные установки. Его вера в будущее атомной энергетики была, очевидно, столь большой, что он, не колеблясь, одобрил предложение поместить в доклад о работе

Первой АЭС на I Женевской конференции (1955 г.) эскизные проработки атомной электростанции уже на мощность 100 МВт [3]. Это вызвало бурную положительную реакцию участников конференции. Пусть сейчас эта цифра вызывает улыбку, но в то время она была смелым вызовом тем, кто был настроен скептически по отношению к возможному использованию урана для мирной энергетики. А таких было немало даже среди очень уважаемых специалистов.

Как известно, в трубчатой конструкции твэла Первой АЭС применена нержавеющая сталь, материал не очень благоприятный с точки зрения рационального использования нейтронов, а следовательно, и урана. Поэтому были предприняты поиски в направлении создания мощного реактора, но с использованием материалов с благоприятными свойствами. Тщательный анализ возможных решений привел к созданию реактора, послужившего основой для создания Сибирской АЭС мощностью 600 МВт (эл.). Фильм о таком реакторе демонстрировался участникам II Женевской конференции в августе 1958 г. [4]. Реактор был спроектирован и построен в исключительно короткий срок, и нельзя не видеть в этом заслуги Игоря Васильевича. Сейчас наука обогатилась знаниями во многих областях, таких, как радиационная стойкость конструктивных материалов, поведение урана в различных температурных и ядерно-физических ситуациях, возникновение коррозионных эффектов и т. п. В то время эти знания только зарождались, и решения должны были приниматься подчас на основе лишь начальных экспериментальных данных с учетом научно-обоснованных предвидений. Но так надо было поступать, ибо другого пути при желании выиграть время не было.

Параметры пара, вырабатываемого реакторами Сибирской АЭС, невысоки. Это определяется температурой, которую допускают применяемые материалы. Непременным стремлением энергетиков всегда являлось возможное повышение КПД установок, что связано, в частности, с повышением начальных температур теплоносителя. Надо было найти такую конструкцию реактора, которая позволяла бы осуществить необходимый перегрев пара. Такое решение после большого числа проработок и экспериментов было найдено — реакторы с ядерным (т. е. внутри реактора) перегревом пара были в 1956 г. спроектированы и к 1963 г. построены для Белоярской атомной электростанции, нося-

щей в настоящее время имя И. В. Курчатова. Реакторы этой АЭС производят пар давлением 90 кгс/см<sup>2</sup> при температуре 510 °С. В этом смысле они являются уникальными даже в мировой технике [5].

Среди многих проблем, которые постоянно привлекали внимание Игоря Васильевича, находились вопросы организации средств, которые позволили бы проводить научные и инженерные исследования в широких масштабах в направлении развития атомной техники. Поскольку возможность оценивать получаемые при этом результаты находится обычно в прямой зависимости от интенсивности нейтронных потоков, при которых проводится эксперимент, создание исследовательского реактора с большим потоком нейтронов было необходимым. Так, в 1956 г. возник проект, а в 1961 г. сооружен специальный материаловедческий реактор СМ-2, в испытательных ячейках которого плотность потока нейтронов составляла  $5 \cdot 10^{15}$  нейтр./(см<sup>2</sup>·с). В течение нескольких последующих лет это значение не было превзойдено ни в одной стране. Смелость принципиального замысла и оригинальное конструктивное решение реактора и сегодня может восхищать. Этот реактор и поныне добросовестно служит науке [6].

Еще в процессе сооружения реактора СМ-2 у Игоря Васильевича возникает идея получить еще большую плотность потоков нейтронов, возможно, в импульсном режиме. Так возник реактор, который первоначально назывался ДОУД-3, а затем ИГР. Помню январь 1958 г. Игорь Васильевич позвонил мне и попросил приехать для обсуждения важного вопроса. Речь шла о создании реактора, состоящего как бы из двух массивов графита с необходимым количеством урана, которые при своем сближении создавали бы условия критичности для протекания реакции деления, развивали в нужных местах большую плотность потоков нейтронов и, чтобы не был превышен предел допустимых температур, заглушались соответствующими средствами регулирования. Было обсуждено несколько конструктивных предложений, проведены необходимые инженерные эксперименты, в результате чего реактор, несмотря на его совершенно необычную конструктивную схему, был принят к строительству (реактор пущен в 1961 г.). В настоящее время с его помощью решаются важные научные и инженерные вопросы [7].

Однако все это Игорь Васильевич не считает достаточным. Обладая выдающейся способно-

стью заглядывать далеко в будущее развития техники, в скором времени (1958 г.) он выдвигает идею создания мощного материаловедческого исследовательского реактора (МИР) с большим числом мест с высоким потоком нейтронов для экспериментальных работ [8]. Главным, что занимало Игоря Васильевича, — это необходимость испытывать конструкции твэлов до установки их в реактор. Это можно делать в большом числе специальных экспериментальных петель, которые предусмотрены в конструкции МИР (реактор пущен в 1966 г.). Надо сознаться, что, пожалуй, только через несколько лет (да еще и сейчас) все, кто имеет отношение к созданию атомных реакторов, реально ощутили всю дальновидность и правильность мер, которые принимал Игорь Васильевич в деле развития экспериментальных работ по атомной технике.

К сожалению, Игорю Васильевичу не пришлось увидеть и реально ощутить всю плодотворность предпринятых им мер, направленных на развитие атомной науки и техники в нашей стране. Мы научились создавать мощные реакторы для атомных электростанций, мы распола-

гаем оригинальными типами энергетических реакторов, созданных полностью на собственном, нигде не заимствованном глубоком понимании физических, инженерных и экономических аспектов атомной энергетики. Основы этого понимания заложены были Игорем Васильевичем, и в этом одна из исторических заслуг его перед Родиной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров В. В. «Атомная энергия», 1977, т. 42, вып. 2, с. 83.
2. Атомной энергетике XX лет. М., Атомиздат, 1974.
3. Блохинцев Д. И., Николаев Н. А. В кн.: Реакторостроение и теория реакторов. Докл. сов. ученых на I Женевск. конф. М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 3.
4. Советская атомная наука и техника. М., Атомиздат, 1967.
5. Доллежал Н. А. «Атомная энергия», 1974, вып. 6, с. 432.
6. Цыканов В. А. «Атомная энергия», 1971, т. 30, вып. 2, с. 192.
7. Курчатов И. В. и др. «Атомная энергия», 1964, т. 17, вып. 6, с. 463.
8. Бовин А. П. и др. III Женевск. конф., 1964. Докл. СССР № 321.

## Прошлое становится историей

НЕМЕНОВ Л. М.

Ленинградский физико-технический институт. 1925 год. Игорь Васильевич Курчатов только что обосновался в институте и занимается под руководством академика А. Ф. Иоффе электропроводностью диэлектриков. Вместе с ним работает К. Д. Синельников. В эту лабораторию меня определили лаборантом. Сильное впечатление произвела на меня внешность Курчатова. Одет он был весьма скромно. Бархатная толстовка, небрежно повязанный галстук, темные брюки и стоптанные коричневые туфли. Высокого роста, стройный брюнет, с ладно посаженной головой — он был очень красив. Поражали его глаза, темные и лучистые. Встретил он меня ласково, спросил, чем я интересуюсь и что умею делать. С ним было просто и спокойно. Робость прошла сразу. Работал Курчатов очень напряженно, не считаясь со временем. Если его не было в лаборатории, значит, он в библиотеке. У него были отличные руки экспериментатора. Он не чурался никакой работы. Делал все быстро, но весьма тщательно. Все записывал в журнал.

При этом говорил, что в нашем деле нет мелочей, все важно, и результаты должны быть скрупулезно записаны. Поработать у Курчатова мне пришлось только два месяца — А. Ф. Иоффе забрал меня в свою лабораторию. В лице Курчатова я приобрел старшего товарища и друга. На протяжении всей жизни наша дружба ничем не омрачалась.

В 1935 г. Игорь Васильевич предложил мне исследовать с ним явления искусственной радиоактивности при облучении нейтронами.

Курчатов заведовал уже большим отделом. Работал по-прежнему днями и ночами. Но человеческие его качества остались теми же. Обращение со всеми ровное и доброжелательное, нет приказного тона, большое чувство такта. Поражает его умение отключаться от посторонних дел. Работая, думает только о задаче, которую решает в данный момент. Совместная работа продолжалась около года.

В 1939 г. Игорь Васильевич, договорившись с А. Ф. Иоффе, предложил мне перейти в его отдел и принять участие в создании большого