



ФЭИ
РОСАТОМ

Зарождение идеи и становление технологии быстрых реакторов в СССР

Открытый НТС АО ГНЦ РФ-ФЭИ, посвящённый 120-летию А.И.
Лейпунского

Троянов Владимир Михайлович
Научный руководитель АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»



А.И. Лейпунский в форме полковника НКВД во время командировки в Германию в 1945 г.

Постановлением Совнаркома от 19 декабря 1945 г. создано 9-е Научно-техническое управление (**Управление специнститутов**; начальник – генерал-лейтенант А.П. Завенягин, его **заместитель по науке – А.И. Лейпунский**).

В состав 9-го управления вошли: Институт «А» (научный руководитель М. фон Арденне), Институт «Г» (научный руководитель Г.Герц»), Лаборатория «Б» и Лаборатория «В».

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».**

В **1947** г. А.И. Лейпунский поручает ей «выяснение проблем, связанных с модельными опытами на урановых котлах с бериллием как тормозящим веществом». Планами ПГУ на **1948-1949** гг. **Лаборатории «В» поручается разработка «агрегата на обогащенном уране с бериллиевым замедлителем и газовым охлаждением мощностью до 500 тыс. кВт» (научный руководитель Г. Позе).**

Велись расчеты бериллиевого реактора, физические, химические и ядерно-физические исследования бериллия и его окиси, анализ примесей и разработка способов их снижения, в подготовка и проведение нейтронно-физических экспериментов в бериллиевых средах, создании различной измерительной аппаратуры.

Известные к тому времени ядерно-физические данные теоретически позволяли понять, какие типы таких реакторов могут существовать, но без дальнейших расчетов и экспериментальной проверки понять, какой из них окажется наиболее удачным, было трудно.

Все это хорошо понимал А.И. Лейпунский.

31 октября 1949 г. он подготовил предложения о необходимости **«шире развить работы по различным энергетическим системам с целью их сопоставления и выбора наиболее эффективных путей»**. Он считал возможным организовать в Лаборатории «В» работы по реакторам на быстрых и промежуточных нейтронах.

29 ноября 1949 г. НТС ПГУ принимает решение, по которому **Лаборатория «В»** определяется как **база строительства опытных энергетических установок для «изучения вопросов о применении их в качестве судовых двигателей для крупных кораблей и подводных лодок»**.

Копия

КУПИЦА 2

Моларшцу Курчатову И.В.

При этом направлено Вам доклад на тему
 „О воспроизводстве делюция вещества“ с просьбой
 рассмотреть его.

Примечание: Упомянутое на 4 листах,
 др. бумага за № 201, 202, 203, 204, прошу адресовать.

Радийский

12.12.49.

А 33/2/606 - 100
 М. Моларшца
 12.12.49

О воспроизводстве делюция вещества

Этот документ

Предельный коэффициент воспроизводства характеризует возможность
 прироста активного вещества, если нет никаких потерь нейтронов и
 веществ. Этот коэффициент равен

$$\beta_0 = \gamma \frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_a} - 1$$

где γ - количество нейтронов на деление, σ_f и σ_a - сечения деления и поглощения
 захвата во делюция перерабатываемого вещества. Если переработка
 ведется на тепловых нейтронах, то для U^{235} из-за этого

$$\beta_0^5 = 2,42 \frac{550}{550 + 490} - 1 = 1,08$$

для Pu^{239}

$$\beta_0^9 = 2,9 \frac{730}{730 + 330} - 1 = 1$$

для U^{235} и лит не замечено.
 Отсюда видно, что в случае отсутствия потерь при переработке
 U^{235} на тепловых нейтронах можно получить увеличение
 количества активного вещества на 8%, а при переработке плуто-
 ния нейтр. получить увеличение. На самом деле практически
 очень трудно избежать увеличения и при переработке U^{235} , т.к.
 потери нейтронов и активного вещества неизбежны.

Рассмотрим возможности воспроизводства при применении
 реакторов на быстрых нейтронах и на нейтронах

В **1950** году принято Решение Первого ГУ (ПГУ) Министерства среднего машиностроения о разработке проекта физического стенда на быстрых нейтронах и создании на площадке лаборатории В критической сборки БР-1 с плутониевой активной зоной.

Работы выполнялись во исполнение **Постановления Совета министров СССР** от 8 июля **1952** года № 3088-1202, согласно которому под руководством А.И.Лейпунского была определена **кооперация Лаборатории В, ОКБ «Гидропресс», ХФТИ, НИИ-9, ГСПИ-11.**

С этого момента началась активная научно-исследовательская и опытно-конструкторская **деятельность в обоснование технической реализуемости реакторных систем с быстрым спектром нейтронов, способных воспроизводить ядерное горючее.**

Начало практической реализации работ по быстрым реакторам в СССР

29 апреля 1955 года критстенд БР-1 сдан в эксплуатацию.

Активная зона БР-1 объёмом около 2 л содержала твэлы из металлического плутония с малым содержанием ^{240}Pu и окружена толстыми торцевыми и боковым экранами из обеднённого урана. Часть бокового экрана в виде кольцевых цилиндров и секторов имела привода и выполняла функции органов аварийной защиты, компенсации реактивности и регулирования.

Мощность не более 50Вт ограничивалась отсутствием системы охлаждения.

Первые эксперименты на БР-1 по определению КВ показали величину 2.2-2.4.

Начало практической реализации работ по быстрым реакторам в СССР

В 1953 г. начато проектирование первого отечественного экспериментального реактора с жидкометаллическим теплоносителем БР-2; в **феврале 1956 года осуществлен его пуск**. Тепловая мощность реактора – 100 кВт, топливо – металлический плутоний, оболочка твэл – нержавеющая сталь, теплоноситель – ртуть (максимальная температура 60 °С).

Основные результаты эксплуатации экспериментального реактора БР-2:

- получен **первый опыт физического пуска** и измерений различных эффектов реактивности;
- показана **легкость управления** реактором;
- достигнутый на БР-2 коэффициент воспроизводства **(КВ) составил $1,8 \pm 0,3$** (столь же высокие значения были получены на критической сборке БР-1);
- получен **опыт работы затесненных пучков твэл с высокими тепловыми потоками через оболочку, охлаждаемую жидким металлом**.

Тем временем – «Clementine»

Первый экспериментальный быстрый реактор «Клементина» был введен в действие в декабре 1946 года в Лос-Аламосской Национальной лаборатории **для доказательства возможности расширенного воспроизводства ядерных материалов и использования жидкого металла в качестве теплоносителя.**

Топливо - плутоний-239, тепловая мощность - 25 кВт, теплоноситель – ртуть, проработала до 1952 года, дав бесценный опыт по материалам для американской военной ядерной программы, в том числе измерение нейтронных сечений для 49 элементов. **Остановка вызвана разрушением одного из твэлов и выходом р/а продуктов в теплоноситель.**

Было показано, (хотя в самой установке это достигнуто не было), что **воспроизводство в таких реакторах ядерного топлива возможно, а ртуть в качестве теплоносителя для БР бесперспективна.**

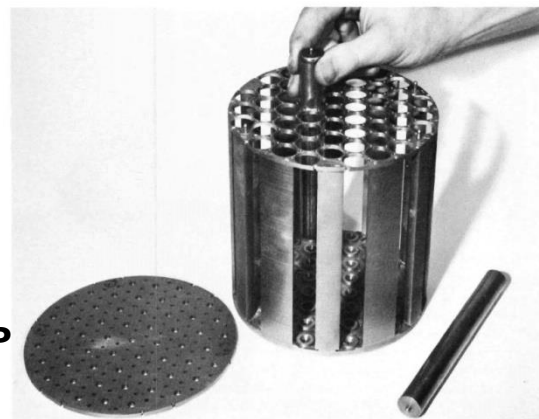


Fig. 5. Clementine fuel rod cage, constructed of mild steel. Mercury coolant circulated through the cage.

Не обнаружено свидетельств тому, что А.И.Лейпунский обладал информацией о работах по **Clementine** и можно полагать, что его докладная записка Курчатову была следствием его собственных умозаключений .

Предложения А.И.Лейпунского по программе работ не совпадают с американской программой, хотя ставят близкие цели и предусматривают сооружение реакторов без замедлителя на чистом металлическом плутонии. Можно утверждать, что программа Лейпунского была более информативной и менее сложной в практической реализации.

В 1951-м американцы, ещё при работающей Клементине, запустили EBR-1 (Experimental Breeder Reactor) тепловой мощностью 1,4 МВт, который стал первым в мире атомным устройством с подключенным турбогенератором, вырабатывающим электроэнергию.

Начало практической реализации работ по быстрым реакторам в СССР

Результаты эксплуатации БР-2 показали бесперспективность использования ртути, также как и шестью годами ранее показала эксплуатация реактора **Clementine**.

Было принято решение о реконструкции реактора БР-2.

В результате на месте реактора БР-2 был сооружён новый реактор БР-5 с натриевым теплоносителем в первом контуре и теплоносителем в виде эвтектического сплава К-На во втором контуре и теплообменником для сброса тепла в окружающую среду.

Бесценная информация и практические навыки, приобретённые на реакторах БР-1, БР-2 и БР-5 открыли дорогу развития быстрых реакторов в СССР.

Об этом – следующее сообщение А.А.Перегудова.

Спасибо за внимание!