**ЧАСТЬ II** Рядом с кэпом на Втором

*«…И только мудрому Шапиро*

*Был виден дальний горизонт,*

*Где мегаваттный мастодонт*

*В его мечтах вставал над миром»*

***Начало***

Если бы я был скульптором, то создал бы из мрамора группу, подобную «Трем грациям» – Три Мудреца в длинных хитонах: Блохинцев, Стависский, Шапиро. Мудрец в центре держит блюдо с волчком – ИБР первый, мудрец справа волчок закручивает, а третий смотрит поверх, как бы видя что-то вдали.

Создателями первого ИБРа двигало в большой степени любопытство, любопытство исследователя природы, если хотите – инстинкт охотника, заметившего жертву. Как это «круто» – научить атомную бомбу взрываться по несколько раз в секунду, управлять энергией этих микровзрывов. Научили… и дали физикам нейтроны для изучения ядерных и кристаллических структур.

*«Вскричали физики «Ура!»*

*И примостились за трубою*

*Пока ещё не доктора…»*

А интенсивности нейтронов нехватало для докторских диссертаций (*конечно, это шутка*). Федор Львович Шапиро раз за разом повторял: «*Физикам нужны нейтроны*!» Между прочим, он отделял физиков-реакторщиков от физиков, работающих на пучках. Зайдя однажды к нам домой вскоре после того, как моя семья (я, Лариса и двухгодовалый Дима) получила долгожданную двухкомнатную квартиру в «болгарском» доме, Федор Львович сказал: «Вот бы физикам давали такие квартиры!», тем самым причислив меня к реакторщикам. Но, бывало, причислял и к физикам, когда предлагал изучить ту или иную статью или диссертацию, связанную с переносом нейтронов или физикой реакторов, которую ему прислали на рецензирование и которую ему «читать было некогда». Я не сразу раскусил хитрость Шапиро. Мне, как читатель уже понял, читать тоже было некогда. Отчитываясь через некоторое время перед «Федором», я, смущенный, узнавал, что он сам внимательно ознакомился со статьей и теперь то ли экзаменовал меня, то ли учил. Скорее всего, и то, и другое. Это был один из его методов обучения.

В. Д. Ананьев обосновал, что можно повысить мощность ИБР до 3 кВт, а затем, усилив подачу воздуха, и до 6-ти. Подняли до 3-х, затем до 6-и. Но Шапиро вновь вызвал к себе реакторщиков: «Думайте, как повысить мощность – и шести киловатт маловато!» Ананьев и Погодаев вновь сели за тепловые расчеты, и у них получилось, что, используя гелиевое охлаждение вместо воздушного, можно поднять мощность до 50 кВт. Федор Львович говорит: «50-ти кВт недостаточно. Надо ещё в 10-20 раз поднять!» Я тогда вспомнил сказку о рыбаке и рыбке и робко заметил, что в такой конструкции реактора увеличить мощность нельзя. «А я разве говорил, что в этой конструкции? Надо придумать новую, чтобы была большая мощность. Чем больше, тем лучше». А надо сказать, что Федор Львович не считал нужным предварительно согласовывать такие решения с главным инженером ЛНФ С. К. Николаевым и начальником отдела В. Т. Руденко. И начали мы с Геной Погодаевым делать расчеты реактора с натриевым охлаждением – как раз в это время в Обнинске овладели такой техникой теплосъема. Точную дату я не помню, но было это где-то в начале 1964 года, потому что первая большая тетрадь рабочих записей, которые я вел по этим расчетам, окончена в июле 1965 (об этом однозначно свидетельствует короткая запись, сделанная в журнале заместителем директора *Петром Степановичем Сергеевым.* В ней он порадовал меня решением жилищной комиссии о выделении мне квартиры, той самой, которая так понравилась Федору Львовичу). Результат нашего исследования был таков: при мощности реактора 10-15 МВт получаем предельно возможный поток нейтронов в пучки, и дальнейшее увеличение мощности бессмысленно. С этого момента фактически начался проект ИБР-2. Случилось это раньше, чем в ЛНФ проник слух о европейском проекте SORA, импульсном реакторе периодического действия мощностью 600 кВт. Об этом в 1965 году рассказал *Лев Маркович Сороко*, побывавший в Италии, где разрабатывался проект. Тут же за эту новость, в качестве дополнительного аргумента для дирекции ОИЯИ о планах модернизации ИБР, ухватились Франк и Блохинцев. При этом Блохинцев ратовал за реактор мощностью 10 МВт – такой реактор БР-10, не импульсный, а со стационарным потоком, уже работал в ФЭИ. Франк же считал, что к 10 МВт надо идти постепенно. Приняли компромиссное решение: создать поначалу аналог ИБРа с воздушным охлаждением, но с повышенной мощностью, а параллельно проектировать ИБР-2. Формально проект начали в конце 1966 года, когда был образован отдел ИБР-2, и в него вошли первые пять сотрудников: Ананьев, Шабалин, *Владимир Максимович Назаров*, только что принятый на работу молодой специалист *Борис Иванович Куприн* и польский инженер *Иржи* *Навроцкий*. Плюс куратор проекта и начальник отдела заместитель директора *Юрий Сергеевич Язвицкий*. Начало было бурным: в 1969-м уже начали рыть котлован, в 1971-72-м построили здание реактора – до окончания проектирования самого реактора. Все окончательно было готово в 1975 году. Но долгим получился пуск реактора, и в эксплуатацию его сдали только 9 апреля 1984 года, уже после модификации первого ИБРа до бустера и затем до ИБР-30 с мощностью 20-25 кВт, введенного в строй в 1969 году. В режиме бустера с ускорителем ЛУЭ-40 он работал до 2001 года.

 Реактор ИБР-2, мировой лидер импульсных нейтронных источников, создавался, как и положено русскому богатырю, не быстро и не легко, около 20 лет. Историю его создания можно проследить по публикациям в институтской газете «Дубна, наука, содружество, прогресс» (*например, номер газеты от 19 марта 2004 года целиком посвящен ИБР-2: статья Владимира Дмитриевича Ананьева, в то время главного инженера ЛНФ, «20 лет на службе науки», статьи ведущего инженера ИБР-2 А.И. Бабаева, руководителя службы управления и защиты Б.Н. Бунина, руководителя научной программы ИБР-2 В.Л. Аксенова, начальника сектора ЛНФ А.М. Балагурова, начальника технологического отдела А.А. Белякова, главного (в то время) инженера ИБР-2 А.В. Виноградова, бывших начальников ЭТО ЛНФ В.П. Попова и А.А. Яковлева, научного сотрудника ЛНФ В.Г. Симкина*) . Почти каждый из этих 20 лет приносил что-то новое в проект реактора, и количественные успехи воплотились в новое качество в определенные дни, оставшиеся в памяти людей – участников создания установки. Три таких дня оказались для меня наиболее памятными и по своей значимости, и по драматизму событий.

***Три дня в жизни Евгения Павловича и реактора ИБР-2***

### Рукопись, найденная мной в беспорядочном архиве, была озаглавлена «*Два дня из жизни Евгения Павловича (страницы истории ИБР-2)»*. Где-то в конце 80-х я задумывал подробно описать историю создания и пуска этого уникального импульсного источника нейтронов. Но ураган общественно-политической жизни, прорвавшийся через слегка приоткрытый Горбачевым шлюз свободы слова и приведший к распаду СССР, а затем и к лихим и голодным 90-м, смыл мой романтизм научных открытий. Десятки килограммов документов, рукописей и фотографий надолго остались в картонных коробках неразобранными, неиспользованными. Обработанной осталось только это воспоминание о двух днях из истории реактора, да ещё мои дневники по ИБР-2 1977-1984 гг. Я перепечатал на своем ноутбуке «Розовая пантера» рукописный текст почти без исправлений, чтобы сохранить свежесть моих переживаний, лишь немного сократив. И добавил день 9 февраля 1984 года – день заседания Государственной комиссии по приемке реактора в эксплуатацию на мощности 2 МВт. Примечания, сделанные сейчас, даны в скобках и выделены курсивом. Необходимые пояснения по «главным действующим лицам» приведены в приложении к тексту в алфавитном порядке.

Итак, три дня из моей жизни и истории пуска реактора ИБР-2 в 1977, 1980 и 1984 годах.

### 30 ноября 1977 года, день первого вывода реактора в критическое состояние, «День Рождения».

«День 13-й. Сегодня отличная погода…(*Вообще выход планировался на 29-е ноября, но 27-го был на редкость сильный снегопад, пожалуй, самый сильный за всё время моей жизни в Дубне. Мокрый снег склонил молодые березы до земли, и они полностью выпрямились только через много лет. У реки Дубна упавшее дерево испортило высоковольтную линию 110 киловольт, и весь город перешел на аварийное питание от Иваньковской ГЭС. Работы на пульте были отменены, и пуск перенесён на последний день ноября*).

Итак, «сегодня отличная погода. Снег, солнце. Яркий день. Всё подготовлено. Около 11 часов загрузили в зону последнюю кассету. На пульте много людей. Даже *Лаврухин* приехал. Нет только Ильи Михайловича – он обещал придти к 14.00.

С утра был просмотр эпизода про ИБР-2 в «Новостях дня» (черно-белый вариант) и в киноальманахе «Мир социализма» в цвете. Цвет плохой, монтаж слишком быстрый. Илья Михайлович (*далее, как в дневнике: И.М.*) очень критиковал альманах. Особенно текст и, в частности, фразу такого содержания: «В США разработана нейтронная бомба, убивающая всё живое. Импульсные нейтроны ИБР-2 служат делу мира и прогресса». Я поддержал И.М. Д.И. же сказал: «Мы делаем своё дело, они (кинематографисты) – своё; не будем им мешать». *Терехин* довольно резко защищал фразу. И. М. стоял на своём. Колесоввсё-таки попросил директора этого выпуска альманаха переделать текст.

Утром подготовили и подписали письмо к В.Л. Карповскому о разрешении на товарищеский ужин 1 декабря. *Кульпину* поручили собрать деньги. (*Ужин состоялся на деньги тотализатора на количество топливных кассет для критической массы; взнос участников был пропорционален модулю разности между названным числом кассет и реальным. Победу одержал Мелихов – он назвал наименьшее из оцениваемых до начала загрузки число кассет, которое и оказалось правильным. Малая критмасса была одним их нескольких сюрпризов, преподнесенных нам реактором во время его исследования)*.

В 11.50 начали подъем КО II (КО II – *один из двух вольфрамовых блоков на ИБР-2, перемещением которых изменяют коэффициент размножения нейтронов*). Подняли до 300 мм. По настоянию Смирнова и Ломидзе выше поднимать не стали, чтобы КО I был в среднем положении при выходе на критичность…

Примерно в 13 часов пошли на обед; состояние реактора - КО II на 300 мм, КО I – 0. Экстраполяция на критичность – 200 мм КО I. Умножение равно 150-170. (*Умножение – это отношение скорости рождения нейтронов в реакторе к интенсивности источника нейтронов; в критическом состоянии умножение стремится к бесконечности).*

Во время обеда я зашел к Иерусалимцеву. Чеканка почти готова (*чеканное панно готовили* *для подарка Д.И. к 70-летию*). В коридоре встретил Т. Там всё в порядке.

В 14.30 начали подъем КО I. Сначала пошли шагами по ¼ от того, что нехватает до критичности по экстраполяции (*согласно требованиям ядерной безопасности*). Но получается очень долго. Я предложил по ½. Положение КО I 120 мм. Ананьев садится рядом с Сутулиным и больше не сходит с этого места до конца выхода на критичность. Он смотрит за «Памиром», Лаврухин переключает диапазоны (*Памир – прибор, измеряющий реактивность, реактиметр*).

На пульте около 30 человек. Напрасно стараюсь отогнать людей от оператора; все льнут к пусковым приборам. А ничуть не хуже видно на ПК (*ПК - пусковые каналы*), особенно на 4-ом, который подключен к детектору КНТ-54 в полиэтиленовом блоке вблизи активной зоны. Я показал И.М. самописец токового канала, и он сел на табуреточку около самописца и так провёл всё время.

Следующее положение КО I – 140 мм, потом 175, 190 и 201 мм. Умножение около 3000. Готовимся к решающему шагу – скачку реактивности выше критичности. Бригада контролирующих физиков во главе со Смирновым (Миша Киселев, Миша Антропов, Паша Замора и Вацлав Гудовский) подготовилась к ручному хронометрированию – будут снимать счёт нейтронов с пусковых каналов за 3 секунды каждые 5 секунд (*для контроля периода разгона реактора дополнительно к электронным периодометрам – с электроникой всегда чего-нибудь случается, а чтобы все четверо физиков ошиблись – такого не ждали*).

Я отдал фотокамеру Гудовскому – нельзя в такой момент отрываться. Подсчитал с помощью таблиц Кипина (*известная тогда монография по динамике реактора)* необходимую надкритичность для разгона с периодом 100 секунд. Оказалось 215 мм КО I. Посовещавшись с *Воробьевым,* даю команду *Пластинину* поднять КО на 6 шагов (13.2 мм), а *Рогову*, который сидел в измерительном центре ЛНФ, - запустить ЭВМ. Пластинин даёт «добро» Сутулину*,* тот жмёт кнопку хода КО вверх – и через 20 секунд мы увидели, как реактор «пошёл» (*жаргон реакторщиков, означает начало разгона реактора, постепенное увеличение скорости цепной реакции деления без вмешательства оператора*).

Это произошло в 16.15 по моим часам. В оперативном журнале стоит запись: «В 16.20 реактор вышел на критичность». Расхождение во времени произошло из-за того, что Сутулин посмотрел на часы позднее, когда разгон уже шел вовсю; он продолжался минут 10. Ведь оператору нельзя было отвлекаться на записи в ответственный момент!

Эти несколько минут были для меня, пожалуй, самыми приятными за всё время проекта и создания ИБР-2.

Ручная запись этого разгона у бригады Смирнова не получилась из-за организационной неразберихи. Вот вам и четыре танкиста!

Сутулин снизил КО. Мощность реактора стала уменьшаться. Первая на ИБР-2 самоподдерживающаяся цепная реакция была осуществлена!

*Туманов* снимает, снимает и снимает. Вот сделал такое забавное замечание: «Не разрушай мне группу академиков!» Вечером, уходя домой, я обратил внимание, что урна около пульта до краёв наполнена коробочками из-под фотопленки…

Второй разгон осуществили с периодом 43.3 секунды (время удвоения мощности 30 секунд). В этот момент всех охватило радостное возбуждение: мощность росла на глазах. *Грехнёв* еле успевал переключать диапазоны «щелкуна» (*динамика, подключенного* к *счётчику нейтронов*). На этот раз пересчетчики во главе со Смирновым работали весело. Потом он сказал, что они и не заметили разгона, занимаясь цифрами.

Туманов последние полчаса вёл непрерывную магнитофонную запись разговоров около рабочего места начальника смены и оператора. На следующий день, на банкете 1 декабря он продемонстрировал «последние 50 секунд». На записи прослушивается нарастающая скорость щелкуна, хриплый голос Пластинина («Период точно 50 секунд»), голос Ананьева.

За 0.5 минут до окончания разгона сработала предупредительная сигнализация. Все стали ждать аварийного сброса… Вот сработал один канал защиты по скорости счета (200 тысяч импульсов в секунду). Вот сработал второй, и сброс… Щелкун замолк, все зааплодировали, не сговариваясь. Потом, на ужине, один из пусковой команды отметил: «Это был первый аварийный сброс, который вызвал аплодисменты».

Овации затихли, и Ананьев громко произнес: «Теперь все идут ко мне наверх выпить шампанского!» Рукопожатия, поздравления, мы с Ананьевым обнялись.

Через полчаса реактор был полностью заглушен, все участники пуска и зрители, 36 человек, встали за пультом, и Туманов сделал снимок. Рогов вбежал на пульт в последний момент (он выводил на телетайп данные цифрового реактиметра) и фотографировался, не снимая полушубка. Шампанское пили в кабинете Ананьева. В своем кратком тосте он сказал: «Мы долго шли к этому моменту, шагали мы всё быстрее, а шаги становились всё короче, пока, наконец, не стали по 1 миллиметру». Я отметил про себя, что эта фраза Ананьева и сегодняшний успех как бы продолжают его диалог с Ломидзе неделю назад. Тогда Ананьев по поводу ряда неожиданностей во время критсборки сказал: «Исследование нового реактора – это подъем на горную вершину, где впереди неизвестные опасности». А Ломидзе возразил: «Это – путешествие куда-то, но неизвестно куда: на гору или в яму». (*Время показало, что шли мы всё-таки в гору и достигли вершины через 20 лет упорной, порой нервной, но всегда интересной работы. Иногда даже получали благодарности*).

Позднее подошел Тишин и предложил рапортовать в партком. Франк же позвонил Боголюбову, и тот изъявил желание посетить ИБР-2 2-го декабря. Разговорились о тотализаторе, и Блохинцев намекнул на «другой тотализатор, когда на карту было поставлено гораздо больше». Я напомнил о случае с Ферми при испытании первой атомной бомбы: была конечная и немалая вероятность того, что взрыва не будет, но физики скрыли это от генерала Гровса. И рассказал также, что в миниатюре это повторилось в Лыткарино во время наших опытов с экспериментальным плутониевым твэлом (*об этом рассказано в одной из глав воспоминаний*). В коридоре Д.И. приватно сообщил мне, что именно это он и имел в виду. На этом день 30 ноября, «несчастливый» 13-й день пуска, закончился.

Утром 1 декабря И.М. сделал сообщение о выводе реактора ИБР-2 в критическое состояние на Учёном Совете ОИЯИ по низким энергиям. Рассказ его был построен по законам драматургии. Шла запись на магнитофон.

**12 Декабря 1980 года. Второй день истории ИБР-2: Первый выход на мощность**

*Выписки из пускового дневника Е.П.*

«…С утра до 14 часов засовывали пробку в канал мишени. Не получилось. Ананьев решил выходить без пробки…

К 15.45 *Э. Витальев* вышел на критичность. К 16.05 сделали оценку мощности на уровне ~ 8 Вт …. Мощность совпала по монитору и по 2 и 3 ПК (пусковые каналы), 1 ПК давал меньше.

Вышли на 5 кВт, проверили ФЭУ – не работает. Сняли временной спектр с мониторной камеры (*позднее прим*.: *первый в истории ИБР-2 временной спектр по времени пролета был снят 10 декабря на мощности 160 Вт*). Закрыли шиберы – и сброс по ёмкостному датчику (*прим*.: *датчик измерения отклонения ротора ПО; из-за него было в тот день несколько сбросов* **–** *срабатываний аварийной защиты*).

 Перед первым выходом, около 16 часов, мы с Ананьевым попросили *Клауса* закупить шампанское (5 бут.) и коньяк в магазине для иностранцев. Он это сделал к ~18 часам. Шампанское стояло у Ананьева в буфете, и он не позволял мне установить его в более прохладное место – он оказался очень суеверным человеком. Потом, когда уже реактор работал на 150 кВт, он не стал принимать мои поздравления – по той же причине.

… После третьего сброса сидим у Ананьева, пьем чай с Франком.

… Сейчас 18.40. Наверное, это последняя, четвертая попытка выхода….

…После очередного сброса на мощности 22-25 кВт где-то в 20 час положение стало критическим: попытка осталась одна, максимум две. И.М. уже совсем устал, *Шпаков* тоже на пределе, он очень волнуется, очень неуверенный человек и лишь второй раз выводит реактор на критичность. Меня и Ломидзе он раздражает своей медлительностью, и я в последних трёх попытках вообще не участвовал.

… Мы с Ананьевым решаем блокировать этот канал ёмкостных датчиков, явно не исправный (в нем одновременно вылетают два сигнала, противоречащих друг другу). Писать о блокировке в пультовом журнале нельзя, она неоправданно нарушает принципы ядерной безопасности, и начальник смены не должен это выполнять. Все молча понимают друг друга, и Лёша (*Леонид Едунов*) без письменного разрешения отключает этот канал.

Я громко объявляю, чтобы при выходе на критичность все отошли от оператора, кроме Ломидзе; прошу *Шпакова* и *Киселева* немного перекусить перед выходом. Последний, пятый выход прошёл довольно быстро и гладко. В 21.45 установили мощность ~155кВт тепловой мощности по монитору (ПК уже просчитывали). Натрий продолжал греться…. Вскоре разность температур между входом и выходом натрия достигла насыщения – 0.64 мВ ≡ 8о, что соответствует ~160 кВт тепловой мощности.

Я несколько раз сфотографировал импульс мощности с ФЭУ на 155 кВт (пленка в моем фотоаппарате, пленка у *Курятникова; прим. более позднее: у кого же пленка?*), хотя Юра (*Пепелышев*) протестовал, говоря, что ФЭУ перегружен. …На 10 градусов повысиласьтемпература выбрасываемого из теплообменника воздуха – налицо ядерный нагрев аппарата.

***Есть энергетический пуск*!!!**

На мощности стояли 45-50 минут (*Смирнов* утверждает 45; Шпаков записал 51 мин; оба правы – на 155 – 45 мин, на > 100 кВт – 50 мин.) *Архипов* со своими «мужиками» в бешеном ритме изучал дозиметрическую обстановку при открытых шиберах №№ 1,7 и4.

Пока стояли на мощности, у многих появилось желание подняться «на мгновение» до 500 кВт. Мы с Ананьевым выступили в незавидной роли «стопперов», аргументируя тем, что сообщить об этом мы всё равно не имеем право, а выход на 500 кВт займёт немало времени – – зачем же напрасно активировать реактор? Франк поддержал нас. Но так хотелось это сделать! Увы, логика была против чувства…

45 минут мощности прошли незаметно, как одна минута. Сбросить мощность решили увеличением коэффициента усиления линейных каналов. И вот – аварийный сигнал. Чётко сработали БАЗы (быстрая аварийная защита). Раздались аплодисменты, поздравления, поцелуи. И стало немного грустно, я сказал вслух (Франк поддержал меня), что это – последний яркий праздник на ИБР-2. Дальше всё будет буднично… (*прим.: так и было*).

*Мощность 155 кВт с 21.45 до 22.36. Подогрев натрия – 8 К при расходе 3 мВ.*

Эту надпись я сделал тотчас после сброса мощности (*прим.: надпись в рукописи обведена красной рамкой).*

Ананьев пригласил к себе в кабинет. Пили шампанское. Я сделал несколько снимков на ту же пленку, где импульс мощности. Франк сказал тост о том, что произошло очень важное событие в жизни мировой науки – начал жить самый эффективный в мире исследовательский реактор.

Кто был в кабинете Ананьева? Франк, *Лущиков, Язвицкий*, Пепелышев, Едунов, *Анцупов, Бунин, Тихомиров,* Клаус, Архипов, *Куликов* (*в возрасте 3 года – шутка; это был другой Сергей Куликов, дозиметрист Архипова*), *Бабаев*, Смирнов, Ломидзе, и, кажется, все. Не дождались до конца – *Кулькин*, Рогов, Мелихов, *Хрястов, Мельников, Комлев*. На пульте остались: Киселёв, Шпаков, *Грехнёв, Финагин*. Им Ананьев вручил бутылку шампанского для распития после смены.

Потом Ананьев затащил к себе домой меня, Смирнова, Ломидзе. Позднее пришел Архипов, приболевший. Вместе с нашими Ларисами сидели до 3-х часов.

Так закончился этот важный и торжественный в истории ИБР-2 день 12 декабря.

Существенно отметить, что абсолютно никого из гостей, высокого начальства и представителей прессы на ИБР-2 не было….

«Кончил дело – гуляй смело!» – этим заканчивается запись в журнале Е.П. Шабалина, одного из руководителей пуска ИБР-2 12 декабря 1980 года.

\*\*\*

### 9 февраля 1984 года. Третий день в истории создания ИБР-2.

### Персональное дело «О двух мегаваттах».

День 9 февраля 1984 года был пасмурный. Праздничного настроения не было, так как на планируемом в этот день заседании Государственной комиссии по приемке ИБР-2 в эксплуатацию должны были обсуждать и решать вопрос – на какой мощности работать ИБРу. Осторожная часть членов Комиссии во главе с её председателем А.М. Петросьянцем, председателем Госкомитета по использованию Атомной Энергии СССР, предполагала остановиться на мощности 1 МВт. Оппоненты готовились отстаивать 2 МВт. Дебаты на эту тему шли много дней до заседания 9 февраля. Руководство ИБР-2 (И.М. Франк, *Ю.С. Язвицкий* и В.Д. Ананьев), безусловно, хотели бы иметь в своем активе более мощную установку. Основания были серьезные: после приемки реактора в эксплуатацию уже нельзя будет повышать мощность, а два мегаватта были опробованы. И 27 января легендарный конструктор реакторов, директор проектного института НИКИЭТ Николай Антонович Доллежаль и И.М. Франк утвердили протокол технического совещания 11-ти компетентных сотрудников ЛНФ и НИКИЭТ о готовности реактора к работе на 2-х мегаваттах. Тем не менее, дирекция ОИЯИ (главный инженер ОИЯИ Ю.Н. Денисов и Н.Н. Боголюбов) готовят приказ по ОИЯИ и проект решения Госкомиссии о разрешении работать только на 1 Мвт и. (Р*уководство ОИЯИ* *препятствовало вводу ИБР-2 в эксплуатацию и раньше, в 1980-1981 гг. Из-за необоснованно сверхосторожной политики энергетический пуск реактора был задержан на полтора года. Пусковая бригада кипела от негодования; даже сдержанный Юрий Сергеевич Язвицкий хотел жаловаться Брежневу. Почему так? Дирекция ОИЯИ боялась реактора, не доверяла специалистам из ЛНФ. На одном из совещаний Денисов, например, заявил, что «видит главную опасность в деле создания ИБР-2 то, что Шабалин, как начальник сектора ядерной безопасности, не прислушивается к предупреждениям и рвется в бой, не желая осмотреться» и т.д. Это в то время, когда наша главная задача и заключалась в осуществлении предельно безопасного пуска! Боголюбов помнил историю 1972 года с реактором ИБР-30 и считал, что Илья Михайлович скрыл тогда истинные масштабы аварии (см. об этом соответствующую главу воспоминаний), и теперь не доверял ему.*

Руководители ИБР-2 всё-таки не устояли перед высоким положением директора ОИЯИ и готовы были согласиться с ограничением мощности. К сожалению, Дмитрия Ивановича Блохинцева тогда не было; будь он жив, я уверен, что ситуация сложилась бы иначе. Мне, не сидящему в ответственном кресле, было проще, и я принял огонь на себя. Главным защитником работы на мощности 2 МВт естественно было избрать проектный институт НИКИЭТ и его директора *Николая Антоновича Доллежаля*. С помощью сотрудников НИКИЭТ Н.А. Хрястова, *Юрия Ивановича Митяева* и В.С. Смирнова удалось добиться аудиенции легендарного академика. На совещании в его кабинете была выработана позиция НИКИЭТ и согласован «сценарий» отстаивания этой позиции на будущем совещании Госкомиссии (*Здесь уместно вспомнить один забавный эпизод. В конце совещания Николай Антонович неожиданно спросил: «А в Дубне можно купить галоши? В Москве невозможно найти галоши для моей внучки». Мы дружно поспешили заверить академика и заботливого дедушку, что в Дубне галоши определенно есть. И детские галоши были найдены, не помню уже, каким образом. Наверное, через всемогущий наш ОРС, «отдел рабочего снабжения». Там можно было достать до дефолта всё, как в Греции, через «нужных людей».)*.

Параллельно с этим было решено поднять «научную общественность». Подготовили письмо к членам Государственной комиссии, которое подписали 10 научных сотрудников ЛНФ и ОИЯИ. Это были люди, известные независимостью своего мнения: А.М. Балагуров, Ю.А. Александров, В.Г. Симкин, В. Л. Ломидзе, В.М. Назаров, В.В. Нитц, Ю.Н. Покотиловский, Иржи Натканец и Пал, руководитель венгерского землячества в ОИЯИ. Подписантов оказалось бы много больше, если бы остальные независимые были доступны в тот момент.

С позиции сегодняшнего дня акт подписания альтернативного документа не представляется вызывающим поступком. Но надо окунуться в те доперестроечные времена с их терехиными и петросьянцами, чтобы оценить риск, на который пошли «диссиденты».

Накануне заседания, вечером 8 февраля, я вручил это письмо, напечатанное на двух страницах с подписями, А.М. Петросьянцу в его номере с телефоном в гостинице «Дубна» (*обратите внимание: номер с телефоном! Это знаково для тех времен).* Он принял меня довольно дружелюбно, а по поводу обращения никак не отреагировал.

 И вот наступил этот день 9 февраля, пасмурный и тяжелый. Я вел протокол заседания Государственной комиссии, а потому могу ручаться за достоверность нижеизложенного. Выступавшие с докладами осторожно обходили вопрос о «мегаваттах». Но в дискуссии он, конечно, возник. И тут разработанный в НИКИЭТ сценарий сработал безукоризненно. Последний гвоздь забил Н.А. Доллежаль, точнее его заместитель *Юрий Михайлович Черкашов (Доллежаль не присутствовал на заседании).*  Отимени академика он твердо заявил, что «НИКИЭТ спроектировал ИБР на мощность 4 Мвт, и сомневаться в работоспособности этой машины означает недоверие к ведущей проектной организации Союза. Надо начать работать на 2-х мегаваттах и потом дальше повышать мощность». После этого никто не сказал ни слова против. Члены Государственной комиссии были подведены к решению о 2-х мегаваттах без альтернативы, несмотря на слабые попытки Петросьянца свернуть обсуждение на то, с какой частотой реактору работать – 5 или 25 Герц, хотя с научной точки зрения это просто бессмысленно: на частоте 25 Герц невозможно проводить нейтронно-физические эксперименты.

Перед перерывом А.М. Петросьянц зачитал наше обращение без комментариев, но по окончанию заседания вдруг объявил о «недостойном» поступке Шабалина, организовавшем «коллективное письмо сотрудников ОИЯИ с предложением Госкомиссии принять реактор в эксплуатацию на 2-х мегаваттах». Петросьянц обвинил меня в том, что я привлек к подписанию документа иностранных сотрудников ОИЯИ, которые, как он безаппеляционно утверждал, «не должны участвовать во внутренних делах Союза и указывать Минсредмашу, как тому поступать». К иностранцам Петросьянц причислил заодно с Натканцем и Палом гражданина СССР Володю Нитца. Меня же представил ни много, ни мало «предателем государственных интересов СССР». Эта глупость преподносилась с таким апломбом, которому мог позавидовать известный адвокат сталинских времен Вышинский. Члены комиссии с удивлением внимали эскападе председателя Госкомитета, сопровождаемой грубыми окриками в мою сторону. Терехину (пом. директора ОИЯИ по режиму) он тут же поручил наказать «диссидента». Эра Николаевна Каржавина, сотрудник Госкомитета, подошла ко мне после заседания и нежно прошептала: «Женя, я думаю, вам лучше не появляться на вечернем приёме». У меня в кармане лежало приглашение на банкет…

 В дальнейшем многие говорили о бессмысленности коллективного обращения. Всё, мол, и так бы прошло. Если бы и так прошло, то почему всё руководство ЛНФ ходило с мрачными лицами последние дни? Почему накануне был подготовлен приказ по ОИЯИ о вводе реактора в эксплуатацию на 1 МВт? Почему Илья Михайлович избегал разговоров со мной о проблеме мощности ИБР-2? Он всё отлично понимал, но очевидно не имел достаточных козырей в руках для споров с Петросьянцем и Боголюбовым. Может быть, письмо и было излишней мерой, но категоричная позиция Н.А. Доллежаля – отнюдь нет.

 В этот день 9 февраля умер генсек Ю.В. Андропов. Но эра гегемонии аппаратных чиновников на этом не закончилась. 16 февраля Боголюбов подписал приказ №3с (секретный), которым предупреждал Е.П. Шабалина и В.П. Саранцева (тот через иностранного вице-директора без ведома директора ОИЯИ провел некое совершенно малозначащее решение, которое, якобы, «нанесло ущерб советской стороне») за нарушение Инструкции по работе с секретными документами от февраля 1972 г. и инструкции по соблюдению режима советских граждан в ОИЯИ от февраля 1981 г. Странно, что все секретные приказы и инструкции издавались в феврале. Какая-то февральская лихорадка режимных органов.

 Звезда Петросьянца закатилась через два года, когда он написал в газете «Правда» по поводу аварии в Чернобыле: «*Наука требует жертв*». Не было в России человека, кто бы не осудил это бессовестное заявление ответственного официального лица. Я был удивлен и возмущен, когда аллея, ведущая к зданию реактора ИБР-2, была названа именем этого человека. Так и чешутся руки совершить акт вандализма. А потом сыграть в шахматы вслепую в КПЗ. Я начинаю, господа прокуроры: е2-е4!

*Приложение*. Действующие лица, они же исполнители, в документальном спектакле «Три дня в жизни Евгения Павловича и реактора ИБР-2».

*Ананьев Владимир Дмитриевич* – главный инженер ИБР-2 на тот период, и вообще, самый главный и самый нужный член команды реактора. Лауреат премии Правительства РФ 1997 г.

*Анцупов Николай Павлович –* вед. инженер группы отдела ИБР-2.

*Бунин Борис Николаевич –* начальник группы СУЗ управления и защиты реактора. Лауреат премии Правительства РФ 1997 г.

*Бабаев Алексей Иванович* – начальник группы эксплуатации ИБР-2, Лауреат премии Правительства РФ 1997 г.

*Воробьёв Евгений Дмитриевич* – известный физик-реакторщик и руководитель предприятий атомной отрасли СССР в 50-х – 60-х годах; перед пуском ИБР-2 был приглашен И.М. Франком на должность нач.отдела ИБР-2.

*Грехнёв Василий Николаевич* – дежурный техник по штатным приборам, один из большого отряда обслуживающего персонала реактора.

*Д.И.* - Дмитрий Иванович Блохинцев

*И.М.* – Илья Михайлович Франк.

*Иерусалимцев* *Костя* – электрик на ИБР-2 и умелый чеканщик по меди. Чеканил панно в подарок Д.И. к его 70-летию от коллектива ИБР-2 по рисунку оператора реактора Юры Полякова – фамильный герб Блохинцева (идея Ломидзе и Шабалина).

*Карповский Виктор Леонидович* – административный директор ОИЯИ

*Кульпин Юрий Валерьянович* – начальник группы натриевой технологии.

*Лаврухин Владимир Сергеевич* – сотрудник НИКИЭТ, проектной организации, специализирующейся на разработке исследовательских и энергетических ядерных реакторов. Лаврухин - непременный участник пуска всех реакторов СССР как эксперт по измерению реактивности - отклонению коэффициента размножения нейтронов от единицы. Как правило, он (Лаврухин, не коэффициент размножения нейтронов) запаздывал к началу работ.

*Ломидзе Валерий Лаврентьевич –* сотрудник ЛНФ, высококвалифицированный физик-реакторщик, кандидат наук; при проектировании и пуске ИБР-2 провел трудную и объемную работу по обоснованию его безопасности. Лауреат премии Правительства РФ 1997 г.

*Мелихов Валерий Владимирович –* сотрудник ЛНФ, эксперт по тепловым расчетам.

*Назаров Владимир Максимович* – физик-экспериментатор*,* сотрудник отдела ИБР-2 со времени его создания, затем начальник сектора в отделе НЭОФКС, изобретатель гребенчатого замедлителя нейтронов.

*Пепелышев Юрий Николаевич -* сотрудник группы физики реактора и ядерной безопасности ЛНФ, главный специалист по регистрации нейтронного потока экспериментальными детекторами и по диагностики параметров и состояния реактора*.*

*Пластинин Владимир Павлович –* начальник смены реактора ИБР-2, участник пуска первого в мире пульсирующего реактора ИБР в 1960 году; ему было предоставлено почетное право остановить реактор ИБР-2 в 2006 году.

*Рогов Анатолий Дмитриевич* **–** сотрудник группы физики реактора и ядерной безопасности, кандидат наук; специалист по расчету реакторов на ЭВМ и участник всех экспериментов по исследованию свойств ИБР-2.

*Смирнов Валерий Сергеевич* – сотрудник НИКИЭТ, близкий друг Е.П. Шабалина. Активный участник проекта ИБР-2. При пуске был контролирующим физиком*.* Лауреат премии Правительства РФ 1997 г. В настоящее время – научный руководитель проекта реактора БРЕСТ

*Сутулин* *Олег* – оператор реактора

*Терёхин* – пом. директора ОИЯИ по режиму.

*Туманов Юрий Александрович* **–** для тех, кто не бывал в Дубне – гроссмейстер фотографии.

*Хрястов Николай Александрович* **–** сотрудник НИКИЭТ, конструктор многих важнейших узлов ИБР-2, Лауреат премии Правительства РФ 1997 г.

 *Язвицкий Юрий Сергеевич* – начальник отдела ИБР-2, заместитель директора ЛНФ, куратор ИБР-2.

***Письмо тракториста***

Передо мной лежит листок из ученической тетрадки 60-70-х годов, хранящийся в моем архиве. Почерк человека, не часто пишущего. Это – письмо от рядового сельского тракториста, присланное в адрес Объединенного инcтитута ядерных исследований в то время, когда пуск импульсного реактора ИБР-2 (1977-1980 г.) попал во внимание СМИ. Публикации были и в центральной прессе, и в киноновостях. Интернета в те времена не было *(прим. для молодежи, на всякий случай*), но газеты регулярно доставлялись во все города и сёла, и даже прямо на поля сражений за урожай. У трактористов было, вероятно, время, чтобы почитать газеты, в которые заворачивался их нехитрый завтрак для перекуса – бутерброд с вареной колбасой. А наш сельский корреспондент оказался мыслящим и творческим трактористом и сумел уловить смысл проблем, мучивших физиков: в письме он предлагал ученым ОИЯИ вращать роторы основного и дополнительного отражателей реактора в разные стороны, и тогда импульс нейтронов станет вдвое короче. Это что - гениальное предвидение, как всегда непонятое современниками? В ответном письме народному умельцу мы популярно объяснили, почему его идея не будет работать в импульсном реакторе, выразили благодарность за интерес к науке и пожелали совершенствовать знания. Но примечательно то, что *в принципе тракторист был прав!* Почему?

Полным и точным ответом на это будет мой драматический рассказ о 15-летней борьбе за короткий импульс нейтронов. Борьбе со своей недальновидностью и излишней самоуверенностью, с плохими ЭВМ, с непонятливыми и осторожными начальниками, с пятилетними планами, наконец.

Подвижный отражатель, сокращенно ПО – абсолютно необходимый узел в пульсирующем реакторе. Что же он такое – что он «отражает» и почему «подвижный»? «Отражатель» – потому что частично возвращает нейтроны, выходящие из активной зоны реактора, обратно; но отражает их не как зеркало, а, скорее, как матовое стекло. А «подвижный» – потому что непрерывно вращается вокруг неподвижной оси. Имея форму лопасти, он периодически изменяет интенсивность отражения нейтронов и тем самым на короткое время создаёт условия для развития цепной реакции размножения нейтронов в активной зоне и генерации импульса нейтронов. Во время импульса мощность реактора очень быстро нарастает – в два раза за каждые 0.00004 секунды. При этом, во избежание недопустимо сильного импульса, ротор ПО должен сохранять положение в пространстве с точностью 0.02 мм.

Весьма образно пояснял принцип работы подвижного отражателя ИБР-2 научный обозреватель японского телевидения *Кенджи Сумита,* жизнерадостный и остроумный человек, известный как «профессор Атом»: «Этот ротор проходит с большой скоростью в опасной близости к реактору, выводит его в режим сверхкритичности, наподобие атомной бомбе, но взрыва не происходит: скорость отражателя очень велика, и он проскальзывает, не касаясь активной зоны. Это похоже на то, как если бы мужчина прошелся своей ладонью в опасной близости от соблазнительных ягодиц красивой женщины, не потревожив её». Не правда ли, красиво, несмотря на рискованность аналогии?

Подвижный отражатель, на первый взгляд несложная машина, проще трактора, оказался твердым орешком. Эта кажущаяся простота сыграла с нами злую шутку. Создание ПО оказалось делом трудоемким и «головоломким». С 1971 года на полномасштабном стенде начали изучать гидродинамические и механические свойства ПО в первоначальном варианте конструкции роторов в виде стальных лопастей прямоугольного сечения (о таких отражателях и читал наш умный тракторист). На испытаниях обнаружилась первая проблема, положившая начало «борьбе за короткий импульс». Ввиду большой скорости вращения (более 300 метров в секунду) аэродинамические характеристики таких роторов были плохие: тонкий ДПО (дополнительный подвижный отражатель) трепыхался как бабочка. Главный инженер *Сергей Константинович Николаев*, очень осторожный человек, велел построить огромные массивные стальные ворота в плоскости вращения (вертикальной) на случай разрушения ПО. Молодые и смелые создатели ИБРа (в работе на стенде участвовали помимо наших людей также специалисты НИКИЭТ - института в Москве, проектирующего исследовательские реакторы) посмеивались над боязливым начальником. Ворота, к счастью, не пригодились. Мы с Ананьевым поехали в ЦАГИ с просьбой провести у них «на трубе» аэродинамичекие испытания лопастей. Авиаконструкторы, посмотрев на чертежи лопастей, нас просто обсмеяли: «Мы с поленьями не работаем!» Вот для таких «поленьев» направление вращения и взаимная скорость *«не влияют значения»* (любимый оборот первого начальника нашей группы физиков-реакторщиков, участника ВОВ *Дерягина Бориса Николаевича*). Поэтому наш ответ трактористу *на тот момент* был обоснованным. Но если бы тогдашняя почта СССР работала так же медленно, как современная (письмо из Кимр в Дубну сейчас может идти месяцами; не используют ли они судоходную почту через Дубай?), и мы получили бы письмо через четыре-пять лет, то ответ был бы положительным, и *кулибина* пригласили бы на работу в ЛНФ начальником группы подвижного отражателя. К тому времени эта должность была вакантна – предыдущего начальника уволили за распространенную в России привычку. Наш тракторист, надеюсь, этим не страдал.

Решить газодинамичекие проблемы и успокоить трепыхания крыльев «бабочки» было нетрудно, заменив лопастной ДПО на дисковый – бериллиевый вкладыш в большом алюминиевом диске. Некий аналог модулятора реактивности в первом ИБРе. Задача решена? Но оказалось, что проблема «бабочки» на самом деле была лишь половиной беды, точнее, 1/10 беды. Как позднее выяснилось, существовала вторая, более сложная проблема, которая не лежала на двумерной поверхности наших плоских мыслей: оказывается, длительность импульса реактора сильно зависит как от размеров дополнительного отражателя (ширины его и толщины), так и от формы. И столь сложным образом, что без точных расчетов или реальных измерений нельзя найти оптимальную конфигурацию, т.е. обеспечить наиболее короткий импульс нейтронов. Моё отношение к дополнительному подвижному отражателю было поначалу, мягко говоря, легкомысленным, и даже преступным (правда, за свои последующие идеи и действия я, наверное, могу надеяться на реабилитацию). «Дополнительный он и есть дополнительный», – так думал я и все остальные, кто плохо думал. И даже те, кто думал хорошо и знал теорию и базовые принципы импульсных реакторов. В результате программой экспериментов на подкритической полномасштабной сборке ИБР-2 в 1968 году не предусматривалось измерение эффекта реактивности при движении ОПО (основного отражателя) при наличии ДПО; имитатора ДПО там вообще не было – он «слился» с ОПО в один блок. И тем самым проглядели (здесь более пригоден другой глагол) очень важный негативный эффект ДПО. Позднее я назвал этот эффект *«теневым»,* потому как его природа - суть наличие «тени» нейтронного потока от ОПО на ДПО. При движении роторов ДПО то входит в тень, то выходит. Это частичное «затмение ДПО» трудно надежно рассчитать, но предсказать его можно и нужно было раньше...

Та самая подкритическая полномасштабная сборка ИБР-2 для проверки нейтронно-физических характеристик проводилась на экспериментальном стенде БФС (Большой Физический Стенд) Физико-энергетического института (ФЭИ) в Обнинске. Этому способствовал наш «ангел хранитель» Дмитрий Иванович Блохинцев, который до своего назначения на пост директора ОИЯИ в 1956 году был директором ФЭИ и под его руководством в 1954 году в Обнинске была построена первая в мире атомная электростанция. В ФЭИ я делал диплом в 1958-1959 г.г. и вот через 9 лет вернулся в город, который я тогда полюбил … и тогда же отказался работать там, надеясь стать деятелем кино. Три месяца, пока длились исследования на стенде, там постоянно сидел наш молодой инженер-физик *Борис Иванович Куприн,* а я наезжал в Обнинск несколько раз на 1-2 недели. И каждая поездка в этот город как-то раскрепощала ум, я начинал чувствовать себя участником ярких и важных событий жизни рядом с друзьями, рядом с легендарными учеными ядерного века, и возвращался в Дубну, заряженный желанием жить и работать свободно и радостно, как в студенческие годы. В один из приездов меня поселили на «даче Морозова» – так в народе называли небольшое двухэтажное здание недалеко от берега реки Протва, здание сказочной архитектуры, гармонично сливающейся с окружающим лесом. Рассказывали романтическую историю о том, что якобы Савва Морозов построил это здание для своей тайной любовницы. На самом деле, дачу называли «Морозовской» по фамилии последней владелицы, богатой меценатки Маргариты Кирилловны Морозовой, однофамилицы известного фабриканта. Во время Отечественной войны на [Морозовской даче](http://map.cbs-obninsk.ru/main/objs/obj_63.html) размещался командный пункт командующего Западным фронтом маршала Жукова. А недалеко от неё стоял просторный флигель, где в свое время жил с семьей Д.И. Блохинцев. Попав на эту дачу, я сразу почувствовал какое-то возвышенное умиротворение, гармонию с природой. Глядя из широкого окна мансарды на окружающий пейзаж, захотелось здесь жить и творить, никуда не уезжая и никуда не торопясь… Не получилось. С утра – на работу в ФЭИ, на пульт стенда БФС. Там, между прочим, произошел один конфуз, который стоил бессонной ночи мне и главному физику стенда *Валерию Зиновьеву* (он, кстати, принимал активное участие в двух критических сборках ИБР в Дубне в 1959-1960 гг). Конфуз состоял в том, что неправильная работа контролирующих приборов сымитировала радиационную аварию. Подобное случалось множество раз на раннем этапе ядерной эры, вызывая нервные срывы, а иногда и инфаркты – такова была плата за недостаточно надежные контрольно-измерительные системы.

Итак, идет переборка стенда – поиски оптимальной конфигурации активной зоны ИБР-2. По моему заданию, утвержденному Зиновьевым, механик меняет блоки имитатора подвижного отражателя. Механик находится внизу, непосредственно в баке стенда. Блоки регулирования опущены, глубокая подкритичность сборки, безопасность как будто обеспечена. И вдруг аварийная сирена… Падают стержни аварийной защиты. Механик замер в испуге, Зиновьев и я и того пуще. Дозиметрист проверяет индивидуальный дозиметр механика – тот зашкалил! Операция, которую проводил механик, не должна была вызвать разгон реактора, да и приборы контроля потока нейтронов не показали превышения. Однако, защита сработала, механик облучился. Так был разгон реактора или не был? Обсудили с Зиновьевым ситуацию и рискнули не докладывать начальству до следующего дня – невероятной казалась авария. Всю ночь оба независимо считали, какую дозу мог получить механик. И получалось – мизерную, как ни крути. Утро вечера мудренее – дозиметристы выяснили, что дозиметр механика был неисправен, он ещё до ложного срабатывания защиты был в зашкаленном состоянии. Но ещё по одной *белой* точке на МРТ головного мозга мы с Валерием получили (*прим: такие точки возникают после каждого перенесенного стресса).*

Не могу до конца понять, почему ни мне, ни кому-либо из физиков-реакторщиков не пришла в голову мысль об этом коварном теневом эффекте вплоть до физического пуска ИБР-2 в 1977 году? Ведь ещё в 1971 году я высказал идею модулятора реактивности в виде узких решеток, вращающихся в противоположных направлениях (это даже вошло в мою монографию 1976 года)! Тогда же был получен патент на такой модулятор реактивности (авторы *В.И. Константинов*, *А.Д. Рогов* и Е.П. Шабалин). От идеи двух решеток до понимания теневого эффекта был один шаг, который не был сделан из-за «экономии мысли» – фляттер ДПО преодолели, отказавшись от лопастного ДПО и заменив его отражателем дискового типа, и успокоились. Физический пуск реактора в 1977-1978 году без теплоносителя («сухой пуск») проводили с бериллиевым ПО, который не смог удовлетворить требованию короткого импульса нейтронов в 100 мкс, что было целью проекта.

Для двух «поленьев» идея самородка-тракториста не работает, а вот для решеток противоположное вращение усиливает эффект, и длительность импульса реактора сокращается! Вот когда нужен был тракторист:

*«…мы малость покумекаем и выправим дефект!»*

Возможно, мы вырвались бы из плена плоского мышления в трехмерное пространство свободы.

Вернемся на время к началу работы над проектом ИБР-2. Тогда, в начале 60-х в ОИЯИ, да и во всем Советском Союзе не существовало расчетных программ описания процессов, идущих в реакторе трехмерной геометрии, а это было абсолютно необходимо для надежной оценки характеристик ПО ИБР-2 и, соответственно, длительности импульса реактора. Единственной подходящей методикой расчета был *метод статистических испытаний,* «метод Монте-Карло», ММК. Первые уроки по ММК я брал у сотрудника ЛВТА *Геннадия Алексеевича Ососкова*. Но как применить ММК конкретно к задаче ПО – было неясно. Я съездил в Обнинск, к одному из лучших расчетчиков реакторов в СССР Золотухину, и в Академгородок под Новосибирском к известному теоретику и практику расчетов по методам Монте-Карло *Михайлову,* тоже *Геннадию Алексеевичу*, тезке Ососкова(кстати, они были друзьями). Тот носил значок Лауреата Госпремии, которую получил, работая в Сарове. Причем носил его на свитере. Этим значком он произвел на меня впечатление; тогда я даже не мог думать о том, что сам позднее получу возможность носить такой же, даже два. Ещё я запомнил его загадочную фразу: «*А кто сказал, что шаровая форма реактора обеспечивает минимальную критическую массу? Это математически безупречно никем не доказано»*. Эта загадка Михайлова долго мучила меня. В чем же тогда ошибка физиков-теоретиков, вроде бы доказавших этот факт? Много позже я сообразил, нет не доказал, а просто по-крестьянски, как тракторист, сообразил: если новосибирский лауреат прав, то зачем же тогда для взрыва ядерного заряда сжимают плутониевый шарик фантастически огромным давлением направленной детонации взрывчатки, повышая плотность плутония в два раза? Зачем же делают для этого толстые тяжелые оболочки для бомбы? Проще было бы слегка *деформировать* плутониевый шарик, не изменяя его плотность, и превратить в известный школьникам *эллипсоид* – вот вам и Хиросима! Шутку этого тезки Ососкова с лауреатским значком я понял и оценил – он фактически задал мне головоломку, разгадывать которые мне всегда нравилось. Но выписать хороший рецепт для расчета характеристик подвижного отражателя он не смог, так же, как и начальник теоретического отдела ФЭИ Валерий Золотухин. Неожиданностью для меня оказалось, что в ведущем советском институте нет программ для расчета эффектов возмущения второго порядка (именно это давало возможность рассчитать характеристики ПО при весьма скромных возможностях ЭВМ 60-х годов). Более того, у них вообще не было программ Монте-Карло для расчета реакторов в трехмерной геометрии! Но больше меня был удивлен сам начальник теоротдела, узнав, что мы в Дубне считаем трехмерные задачи, но только с эффектами первого порядка.

«КТО!? – буквально закричал однофамилец известного актера. – Кто написал вам программу? И сколько лет её писали?»

«Три месяца», - отвечаю осторожно, чувствуя некую неловкость, будто влез не в свою тарелку.

«Вы шутите! У меня целый отдел работает уже три года. Кто же этот ваш феномен? Немедленно его сюда, в Обнинск! Мы тут решаем проблемы…мм…большой важности, а вы…».

«Нет, он не поедет»

«Он женат? Дадим квартиру, сектор!»

Не говоря всю правду, убедил Золотухина в бесполезности разговоров о переезде *Владимира Ивановича* *Кочкина* в Обнинск. Кто знал Володю и его болезнь*,* тому понятна моя определенность ответа Золотухину. А кто не знал, скажу только, что феноменальность Кочкина заключалась в его незаурядной способности *без единой ошибки* транслировать программу сложнейшего алгоритма расчета критичности ядерного реактора и других его параметров, написанную на внятном языке математической логики (например. «АЛГОЛ») в машинные коды. А это – сотни тысяч, если не миллионы, которые надо пробить в виде отверстий на картонных перфокартах опять же без *единой ошибки.*  Программа, готовая для загрузки в ЭВМ, представляла собой колоду перфокарт длиной в полметра. При первой же загрузке контрольного варианта ЭВМ отработала полностью и без ошибок заданный вариант. Думаю, что такого ни один программист в мире не добивался. К сожалению, Володя вскоре не смог уже работать из-за болезни. Да и мощности ЭВМ тех лет не позволяли делать расчеты с точностью, которая могла бы дать нам информацию о наличии «теневого» эффекта.

После поездок в Обнинск и Новосибирск стало ясно, что методику расчета вторых производных надо разрабатывать самим и без доказательств математической строгости, о которой говорил Г.А. Михайлов. Доказательством послужило полученное позднЕе совпадение расчетов с экспериментами. Могу утверждать, что инженеры и физики никогда не создали бы такие устройства, как атомные бомбы и импульсные реакторы, опираясь на теоремы – доказательством всегда были конечные экспериментальные результаты. Кто не верит – почитайте воспоминания Нобелевского лауреата «Вы опять шутите, доктор Фейнман?».

Эффекты реактивности ПО мы всё же рассчитывали, сначала совсем грубо, но постепенно повышая точность. *Анатолий Дмитриевич Рогов*, инженер-физик, пришедший на ИБР в 1969-ом, написал программу расчета реакторов методом статистических испытаний на ФОРТРАНЕ по тому алгоритму, который использовал В. Кочкин. Назвали мы её МНВ – «Медленно, Но Верно». В программу добавили специальный алгоритм учета второй производной коэффициента размножения по смещению ПО. В 70-х расчеты можно было делать на более прогрессивных ЭВМ, которые регулярно обновлялись благодаря инициативе сотрудников Лаборатории Информационных Технологий. И это позволило в конце концов рассчитывать геометрию ПО любой конфигурации…

В полном соответствии с законом диалектики, количество вариантов программ и часов работы ЭВМ перешло наконец в качество – неожиданно расчетным путем обнаружили теневой эффект ДПО. Но уже по другому закону – «закону подлости» – это произошло позднее, чем нужно. Во время физического пуска ИБР-2 в конце 1977-го-начале 1978-го результат измерения эффекта реактивности при перемещении ПО стал неприятным сюрпризом – он оказался очень слабым. Длительность нейтронного импульса составила более 200 мкс вместо планируемых 90-100 мкс.

С этого момента началась стремительная атака на сокращение импульса. Расчеты даже с хорошими для того времени ЭВМ (БЭСМ-6, СДС-6500 и др.) не давали нужной точности. Тогда, в условиях дефицита времени, отпущенного на физический пуск, соорудили времянку «на коленках» – полномасштабный макет с несколькими вариантами ПО (не вращающийся, только для измерения эффектов реактивности при передвижении ОПО и ДПО), и нашли неплохие варианты композиции ДПО: вместо «полена» – «вилка»: две лопасти вместо одной, разнесенные на ширину ОПО, или три лопасти, «трезубец». Этот первый цикл экспериментов по поиску оптимального ПО получил аббревиатуру ЭПОС – «экспериментальный подвижный отражатель стальной» (на самом деле испытывались и другие металлы для ДПО).

Самое интересно, что показал ЭПОС – это «двуликость» теневого эффекта. Тот может проявляться как негативно, т.е. удлинять импульс нейтронов, так и положительно, сокращая его. Всё определяется размерами и формой ДПО. Для ДПО типа «полено» он действовал негативно, а для ДПО в виде «вилки» или «трезубца» превратился в положительный, полезный.

Подвижный отражатель с ДПО в виде «трезубца» изготовили к физпуску с натриевым охлаждением, который проводился в последнем квартале 1980 года. Он обеспечил длительность импульса 220 мкс, но нужно иметь в виду, что по требованиям контролирующих ядерную безопасность органов мы снизили вдвое скорость вращения – до 1500 об/мин. Иначе было бы около 150 мкс.

После ЭПОСа все тайны теневого эффекта были раскрыты; силами хорошо подготовленных и думающих физиков моей группы *(Валерий Ломидзе и Клаус Ноак из Германии)* были созданы полуаналитические теории «зубчатых» ПО (сейчас мы называем такие ПО «решетчатыми»), сформулированы условия оптимальных композиций. Главные из них:

*ДПО и ОПО должны иметь вид «вилок» (*заметьте – уже и ОПО влияет на теневой эффект*);*

*Число «зубьев» вилки ОПО должно быть нечетным (1, 3, 5);*

*Число «зубьев» вилки ДПО должно быть на единицу меньше или больше, чем число «зубьев» ОПО.*

Для таких оптимальных композиций противоположное вращение ОПО и ДПО снижает длительность импульса. Наибольший эффект от противоположного вращения роторов на равных скоростях достигает 1.41 (квадратный корень из 2) – именно во столько раз длительность импульса при вращающихсяроторах будет короче, чем при вращении только ОПО и неподвижном ДПО .

Вариант «полено» в терминах этой теории должен быть записан как 1+1, т.е. явное несоответствие условию оптимальной композиции ПО. Я иронично подшучивал над своими коллегами: вы, мол, работаете с помощью «*квантовой статистики подвижных отражателей»*, а наш тракторист принцип аддитивности скоростей понял намного раньше вас, владея только классической механикой (да и то не ясно, в какой мере). Выходит, нашего корреспондента следует реабилитировать.

 Читайте, физики, письма трактористов!

Во времена ЭПОСа не было ни времени, ни технической возможности точно определить, какой вариант из разрешенных «квантовой статистикой подвижных отражателей» является наилучшим и каковы должны быть оптимальные размеры зубьев и щербин (а они действительно должны немного различаться). И я предложил осуществить более масштабный проект – стенд ЭПОС-2. Но руководители ЛНФ твердо решили не ожидать обещанных 100 мкс и выходить на рабочий режим ИБР-2 с уже готовым ПО по схеме 1+3 – «трезубец». Причина такого решения – «сильно запаздываем с пуском реактора».

На самом деле, мы были просто рекордсмены по спринту: по современным меркам путь от создания концепции нового реактора до его ввода в эксплуатацию составляет минимум 22-25 лет, а то и все 60 (ленинградский несчастный ПИК), а для ИБР-2 он оказался всего 18 лет, из которых 2 года можно выбросить – необоснованная административная задержка.

В итоге «трезубец» и два его клона отработали 20 лет вплоть до 2004 года с длительностью импульса 220 мкс.

Но нам с *Николаем Александровичем Хрястовым* удалось-таки отстоять идею стенда ЭПОС-2. Хрястов был всегда готов ко всяким новшествам, моментально начинал делать чертежи, патентовал идеи. Мы придумали для моделирования ПО очень экономную в смысле металла и времени изготовления конструкцию стенда типа «конструктор». Используя задержку с энергетическим пуском, летом 1981 года все 35 (!) вариантов формы ДПО и ОПО были изучены и найден наилучший – комбинация двузубой «вилки» ДПО с «трезубцем» ОПО (в дальнейшем названный «решетчатым» или «гребенчатым» – кому как нравилось). Такой ПО обеспечивал желанные 100 мкс при 1500 об/мин.

Но это был не последний раунд «борьбы за короткий импульс». Неожиданно Ананьев, тогда уже главный инженер ЛНФ, а с ним и Владислав Иванович Лущиков, заместитель Франка, недоверчиво отнеслись к результатам ЭПОС-2, объясняя свою позицию тем, что на этом стенде изучались не роторы отражателя целиком, а только блоки-имитаторы лопастей. Мои доказательства идентичности ЭПОС-2 реальному ПО их не убеждали. Пришли к компромиссу: проверить свойства предлагаемого решетчатого варианта ПО на полномасштабном макете. Это был уже ЭПОС-3, 1983 год, бессмысленная трата времени, т.к. результаты ЭПОС-2 идеально подтвердились.

 Конец борьбы наступил только в 2004 году, когда решеточный ПО был установлен к реактору. И что же? Опять 220 мкс! Задачей совершенствования ПО было всегда стремление *к короткому импульсу,* а в итоге всегда оказывались заколдованные200-220 микросекунд! Как в старом анекдоте: «Опять сапожник!». Объяснялось всё просто: сделав более эффективный ПО, одновременно снижали скорость вращения, причем дважды: в 1980 году – в два раза, в 2004 – в 2.5 раза. В итоге – пятикратное снижение скорости, приведшее к тому, что последний, ныне действующий гребенчатый (или решетчатый – кому как нравится) подвижный отражатель, который при сохранении начальной скорости вращения 3000 об/мин обеспечил бы импульс длительностью менее 100 мкс, дает 220 мкс при скорости 600 об/мин. Выгода? Ресурс работы увеличен, соответственно, в пять раз – до 25 лет. Фактически, все годы боролись не за короткий импульс, а за ресурс ПО. Идея снизить скорость вращения принадлежит В.Д. Ананьеву. Здесь наглядно проявилось различие в подходах к решению проблем у меня, романтика побед, и Володи, трезво оценивающего недостатки и выгоды того или иного новшества. Различия, которые в итоге суммировались и давали положительный эффект. Не теневой. Вот такой тандем…

Далеко не все могут понять сущность столь сложной структуры подвижного отражателя ИБР-2. Обычно я поясняю эффект решетки буквально на пальцах: предлагаю собеседнику соединить две ладони с растопыренными пальцами и, двигая их относительно друг друга, смотреть на окно. Он видит быстрые мелькания света – вот так и «мелькает» поток нейтронов, отраженный от двойной решетки. Соедините пальцы, и мелькания будут в пять раз реже – это уже отражатель «полено». Между прочим, Илья Михайлович Франк несколько раз беседовал со мной на эту тему, но принцип решетчатого ПО упорно не понимал. Может быть, волновая природа движущегося нейтрона мешала Илье Михайловичу понять суть процесса? Или моя вульгарная популяризация была для нобелевского лауреата неприемлема? Однако он восхищался аналогией Бора, который во время лекции в Институте физических проблем пояснял неупругое рассеяние нейтрона ядром с помощью тарелочки и набора стальных шариков. Безусловно, далеко мне до Бора!

Кстати, один из участников обоснования решетчатого ПО до сих пор недоволен полученным результатом. Он, опираясь на высказанную не раз многими умными людьми мысль: «*Рациональное всегда красиво*», считает решетчатый ПО не идеальным, не лучшим решением, так как он «некрасив, уродлив, угловат» и т.д. и т.п. Я предлагаю Валерию Ломидзе (да, это он, автор квантового правила ПО) найти *красивый* подвижный отражатель, такой, чтобы «профессору Атому» можно было не прибегать к опасным метафорам, поясняя принцип работы ПО. Ищет до сих пор… Забредая иногда во времена «Большого взрыва».

Чтобы у читателя не создалось неправильное мнение, что за короткий импульс дрался один только Евгений Павлович, перечислю других специалистов, каждый из которых внес значительный, а то иногда и решающий вклад в создание галереи подвижных отражателей, миниатюрные копии которых находятся в музее ИБР-2. **(фото).** Это сотрудники группы (сектора) физики ИБР-2 *А.Д. Рогов, Клаус Ноак (из ГДР), В.Л. Ломидзе, В.В. Мелихов, А.К Попов, С.В Зинкевич.* Разработка чертежей, изготовление, наладка, эксплуатация были, конечно, заботой коллектива НИКИЭТ (институт в Москве, проектирующий исследовательские реакторы) и, прежде всего *Н.А. Хрястова, В. Сизарева*, *В.С Смирнова, В.С. Дмитриева* (с его легендарной часто цитируемой фразой *«Перемычка должна быть!»,* которая враз прервала долгий спор о необходимости механической связи между двумя блоками ОПО) , а также механического отдела ИБР-2 (начальники. *В.П.Воронкин и А.А. Беляков*) и специальной группы ПО (*В.К. Титков, А.Ф. Зацепин, Николай Шилин, В.А.Комиссарчиков).* Контролем состояния ПО и его влиянием на поведение реактора занимались инженеры-исследователи *Леонид Едунов, Николай Анцупов, Борис Бунин, Владимир Пластинин, научный сотрудник Юрий Пепелышев, Юра Васильев и др.*