



KZ9700249

# СТЕНДОВЫЙ КОМПЛЕКС "БАЙКАЛ-1". ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ПЕРВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПУСКА РЕАКТОРА ИВГ.1

Тихомиров Л.Н.  
ИАЭ НЯЦ РК  
Республика Казахстан  
Семипалатинск-21

## АННОТАЦИЯ

Реактор ИВГ.1 являлся первым наземным прототипом ЯРД. Реактор сооружен на стендовом комплексе "Байкал-1" площадки "10" Семипалатинского ядерного полигона. С момента проведения энергетического пуска в 1975 году реактор эксплуатировался в течение 14 лет до момента его модернизации в 1989 году.

Стендовый комплекс "Байкал-1" проектировался и строился для проведения испытания ТВС различных модификаций ЯРД с открытым выхлопом.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Реактор ИВГ.1 разработан на основании постановлений ЦК КПСС и СМ № 673-276 от 13.08.64 года и № 842-304 от 25.10.65 года и технического задания.

Сущность реактора и стендового комплекса в целом, содержащего множество элементов новой техники, определила необходимость поэтапной разработки проекта и ввода в эксплуатацию стендового комплекса и реактора. Наиболее важными этапами являлись:

- определение параметров реактора, выбор его конструкции;
- проектирование и изготовление реактора;
- определение параметров, выбор конструкции, проектирование и изготовление технологических каналов (ТК) первой активной зоны;
- проектирование, строительство и монтаж оборудования стендового комплекса на объекте 300;
- проведение физического пуска реактора;
- проведение пуско-наладочных работ на стенде;
- проведение энергетического пуска реактора.

## II. СТРОИТЕЛЬСТВО СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА "БАЙКАЛ-1"

Параллельно с разработкой проектов реактора, систем и стендового комплекса в целом, с 1966 года на территории площадки "10" начались строительные работы (жилые бараки, котельная, котлованы под подземные газгольдеры сооружений 104 А, 104 Б, 104 Г и т.д.).

Строительство осуществляли военные строители в/ч 31516, являющейся генеральным подрядчиком.

Руководство строительством осуществляла Объединенная экспедиция ПНИТИ с участием представителей разработчиков проектов.

Начальником ОЭ был Кадыров А.А., начальником ДСП - Юрченко Д.Ф., главным инженером СП - Кузнецов Ю.И., И.О. начальника объекта 300 - Лелюхин О.А., командиром полигона - генерал-майор Виноградов.

Строительство основных зданий и сооружений стендового комплекса было завершено к 1970 году.

## III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ И НАЛАДКА СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА РЕАКТОРА И СИСТЕМ

Генеральным проектировщиком стендового комплекса "Байкал-1" являлся ГИКП (ныне ВНИПИЭТ) г. Ленинград, ГИП — Юпатов И.А., с 1974 года — Рыблов В.Я.;

Главным конструктором реактора ИВГ.1 — НИКИЭТ г. Москва, нач.отдела II Уласевич Владимир Кондратьевич.

Научным руководителем проекта реактора ИВГ.1 — ИАЭ им. Курчатова г. Москва; сектор

№7 начальник сектора Талызин Виктор Михайлович.

Главным конструктором-технологом ТК — ПНИТИ г.Подольск, Подладчиков Юрий Николаевич, Федик И.И., Дьяков Е.К..

Разработка проектов реактора и систем стенового комплекса осуществлена в период с 1966 по 1969 гг..

Изготовление реактора, ТК, трубопроводов и оборудования стеновых систем осуществляли: НИКИЭТ, ПНИТИ, предприятия п/я Г- 4586, п/я А- 3686, п/я Г - 4781, В - 8534 и др..

Монтаж реактора осуществляло МУ-6 МСМ (МСУ-36) г.Москва, начальник управления Кобылянский. Курировал монтаж и сборку реактора представитель НИКИЭТ Остапчук В.П. — первый начальник реакторной службы в 1974 году.

#### *ПО СИСТЕМАМ СТЕНОВОГО КОМПЛЕКСА*

##### ◆ Система управления и защиты (СУЗ)

Проект СУЗ -300 разрабатывал НИКИЭТ (отделы Шубина Владимира Ивановича и Филипова Аркадия Григорьевича).

Разработчики: Осадченко З.Н., Гришин В.В., Стеблев Ю., Червяков В.Г., Кондратьев.

Утверждал проектную документацию — Заместитель директора Емельянов Иван Яковлевич.

Монтаж системы проводило МСУ-78 г.Новосибирска (Пеночатых, Матыгулин, Шантур, Букин).

Наладку системы проводило МСУ-70 г.Новосибирска (Рязановский, Писарев В., Гусельников). Участвовали в наладке, а затем в эксплуатации системы СУЗ сотрудники службы: Анашин - первый начальник службы(1972 г.), Архинович, Тихомиров Л.Н. - ныне ГИ комплекса ИР, Коротин, Якунин, Вишняков, Шенн, Сафонов А.Г. - ныне начальник службы СУЗ, Котяшкин В.М., Демко Н.А..

##### ◆ Система автоматического управления (САУ)

Проект САУ разработан ВНИПИЭТ - Луценко Георгий Аркадьевич.

Монтаж системы вело МСУ-78 с участием сотрудников службы САУ (272). Первым начальником службы был Поляков Владимир Николаевич. Наладка системы проводилась коллективом службы.

##### ◆ Система КИП

Проект системы разрабатывал ГКИП (ВНИПИЭТ). Разработчики - ОКБ № 2, начальник - Миллионщиков В.Н.. Монтаж системы

КИП осуществляло МСУ-78. Наладкой системы КИП занимались МСУ-70 и группа Линского из ПНИТИ с участием сотрудников службы.

Первым начальником службы КИП (275) был Скосырский Г.С., службы ГА - Герасимов А.С.

##### ◆ Система тепловодоснабжения, вентиляции и канализации

Проект разработан ВНИПИЭТ. Монтаж системы вело МСУ-36.

Наладку системы вентиляции проводила группа из ПНИТИ, ДЭС - наладчики с завода им.Малышева г.Харьков совместно с сотрудниками службы. Наладчиками службы были Мальцев В.В., а затем Руденко В.П..

##### ◆ Газовые и водяные системы

Проект ГВС был разработан ГИКП (ВНИПИЭТ).

Монтаж осуществляло МСУ-36 (МУ-6) г.Москва.

Наладку систем проводило МСУ-70 - Петрушевский.

В монтаже и наладке систем принимали участие нынешние сотрудники службы - Колбаенков А.Н., Музоверов Г.А., Яковлев В.В..

Первым начальником службы ГС был Падерин Ю.П.(1972), служба ВС - Кубарев В.М..

##### ◆ Системы газификации и хранения рабочего тела (водорода, азота)

Проект системы газификации азота разработан ВНИПИЭТ.

Проект системы газификации водорода разработан ВНИИКриогенМаш г.Балашиха Московской области. ГИП - Зам.директора института - Филин Н.В..

Строительство здания 103 вели военные строители в/ч 31516 г.Семипалатинска-21, монтаж оборудования - МУ № 6 (начальник участка - Пастухов В.М.).

Наладку водородной установки проводило ВНИИКриогенМаш.

Первый начальник службы Шляхов Л.Н.(1973г.)

Подземные сооружения 104 А, 104 Б, 104 Г проектировал ВНИПИ протехнологии г.Москва ГИП - Расторгуев Георгий Аркадьевич.

Разработку монтажной технологии проводил НИКИМТ г.Москва.

Разработку технологии укладки высокопрочного бетона и контроля за его качеством

осуществлял Оргстройпроект (пр.п/я А-1940) г.Москва.

Строительство газгольдеров осуществляло Карагандинское шахтопроходческое управление (КСШУ).

Монтаж газгольдеров, трубопроводов в стволе вела монтажная организация МСУ-36 (пр. п/я А-7465) г.Кара-Балта, Киргизия.

Первым начальником службы эксплуатации газгольдеров был Килимник С.М. (1973), затем Монсеенко А.С. (1974).

◆ Система электроснабжения

Проект системы разработан ВНИПИЭТ .

Монтаж системы проводило МСУ-78, наладкой системы занималось МСУ-70.

Первым начальником службы был Кудряшов Ю.Н.

### III. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ФП

Подготовка к ФП осуществлялась в соответствии с Программой, разработанной ИАЭ, НИКИЭТ, ПНИТИ и утвержденной 16 ГУ МСМ. Одновременно был утвержден состав систем стенда, которые должны были быть готовы к работе в объеме, необходимом для проведения ФП.

Подготовка включала:

- разработку методик и подготовку аппаратуры;
- контрольную сборку реактора на стапеле в Москве;
- монтаж реактора, технологических систем на объекте, проведение ПНР систем;
- сборку ТК и ФКЭ;
- разборку НТД, подготовку пускового персонала;
- КПНР с гидроимитаторами ТК;
- сдачу объекта приемочной комиссии.

Летом 1971 года был привезен корпус реактора и установлен на рабочее место (1 Р.М.).

В конце 1971 года поступили внутренние части реактора (центральная сборка, отражатель с РБ и др.) и были законсервированы в помещении 03 здания 101.

Летом 1972 года была произведена сборка реактора. В сборке принимали участие Сметанников Владимир Петрович, Харитонов Станислав Михайлович. В это же время была проведена сборка технологических каналов типа ТК-300 (сварка нижней и верхней частей в помещении 03). Руководил этими работами Дьяков Евгений Константинович - главный конструктор ТК.

Монтажную технологию сборки реактора и технологических систем (ГВС) разработал НИКИМТ г.Москва (представитель - Котов Алексей Иванович).

К сентябрю 1972 года реактор и необходимые для проведения ФП системы были подготовлены.

Подготовлены: ТТС для загрузки каналов; штатная система залива воды в реактор (с помощью размерных бачков), система ДАЗ и система подачи азота. Пульт управления ФП находился в помещении 134 здания 101.

Физический пуск проведен с 14.09.72 по 27.11.72 гг.

18.09.72 - первое критическое состояние.

Пусковая бригада была сформирована из представителей ИАЭ, НИКИЭТ, ОЭ, в/части 52605, а эксплуатационная бригада из представителей ОЭ. Была обеспечена двухсменная работа.

Руководителем ФП был назначен начальник сектора № 7 ИАЭ им.Курчатова - Талызин Виктор Михайлович, от ОЭ Могильный Игорь Алексеевич.

### IV. КОМПЛЕКСНЫЕ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА

В 1974 году был закончен монтаж основного оборудования стендовых систем, необходимых для проведения энергетического пуска.

С октября 1974 года начались автономные пуско-наладочные работы на системах, а затем комплексные пуско-наладочные работы всех систем комплекса. Подготовка к энергопуску ИВГ.1 выполнялась Институтом Атомной Энергии им. Курчатова, Научно-исследовательским конструкторским институтом энерготехники, Подольским научно-исследовательским технологическим институтом и Объединенной экспедицией. Был проведен большой комплекс расчетных и экспериментальных работ, которые позволили подготовить стендовые системы, реактор, каналы активной зоны, техническую документацию. Одновременно проходил обучение обслуживающий персонал непосредственно на рабочих местах. К числу важнейших подготовительных работ относятся:

- определение параметров пуска и выбор его диаграмм;
- обоснование допустимой области работы ТК активной зоны;
- экспериментальное обоснование диаграммы изменения мощности реактора при пуске;

- аттестационные испытания технологических каналов;
- анализ условий безопасного проведения пуска;
- пуско-наладочные работы на системах стенового комплекса.

Наиболее трудоемкими, длительными, потребовавшими участия большого количества людей, были пуско-наладочные работы. Пуско-наладочные работы проводились в несколько этапов — сначала отлаживалась работа отдельных агрегатов, изучались их характеристики и режимы работы, затем отрабатывалось взаимодействие отдельных систем комплекса между собой, изучались переходные режимы в системах при различных видах отказов и неисправностей, отрабатывалась диаграмма проведения горячего пуска реактора. Все пуско-наладочные работы проводились по специально разработанным программам, которые определяли цели, методики проведения и организацию работ, учитывали специфику систем и возможности совмещения работ на системах во времени. Руководил работами Главный инженер объекта 300 Ивлев Анатолий Павлович.

При проведении комплексных пуско-наладочных работ были исследованы различные аварийные режимы работы стеновых систем:

- переход с насосной системы подачи охлаждающей воды на вытеснительную от емкостей при отказе насосов 4 МСК-10;
- переход с основного редуктора системы подачи водорода на резервный;
- переход на резервную магистраль подачи водорода при отказе основного и резервного редукторов основной магистрали;
- отказ системы электропитания автоматики;
- переключение электропитания с основного источника на резервный;
- возникновение на системах стенового комплекса нескольких неисправностей одновременно и т.д.

Эти исследования позволили отладить систему предупредительной сигнализации и аварийной защиты. Результаты исследований переходных процессов послужили экспериментальным обоснованием условий безопасного проведения пуска и выбора установок аварийной защиты, подтвердили работоспособность всех систем и возможность реализации заданных программой энергетического пуска режимов работы.

Одновременно с решением технических задач была проверена и отработана организация работ, уточнена расстановка персонала, продолжительность и последовательность выполняемых в сменах работ, т.е. практически были решены почти все вопросы, связанные с подготовкой

технологического регламента подготовки и проведения горячего пуска.

Завершающим этапом КПНР явился холодный пуск стенда с использованием в качестве рабочего тела азота ХПА. Основной целью проведения холодного пуска была проверка взаимодействия персонала в процессе подготовки проведения пуска, комплексная проверка совместной работы стеновых систем. Успешное проведение в декабре 1974 года холодного пуска показало работоспособность стеновых систем и персонала к энергетическому пуску реактора. Руководил этими работами Главный инженер объекта 300 Ивлев Анатолий Павлович.

## V. ЭТАПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПУСКА

Таблица 1.

Этапы подготовки энергопуска.

Комплексные пуско-наладочные работы	Отладка работы отдельных систем АПНР с использованием гидроимитаторов.  Отработка совместной работы систем. Исследование аварийных режимов технологических систем.  Проведение холодного пуска на азоте (декабрь 1974).
Контрольный физический пуск	Проверка физических характеристик реактора при штатной загрузке ТК.  Отработка регламента "слепого" выхода (январь 1975).
Холодный пуск на водороде	Комплексная проверка работы всех систем (без СУЗ).  Уточнение параметров технологических систем и установок АЗ, ПС (6-9 февраля 1975).
Горячий пуск	Реализация диаграммы пуска (7 марта 1975 г.).

### ◆ Контрольный физический пуск

Первый этап энергетического пуска - контрольный физический пуск проведенный с 4 января по 16 января 1975 года. Контрольный физический пуск явился логическим продолжением физического пуска ИВГ.1 1972 года.

Необходимость контрольного физического пуска определялась следующими основными причинами:

- демонтажом и последующей сборкой реактора в период между физическим и энергетическим пусками;
- отсутствием данных по критическому состоянию штатно загруженной активной зоны;

- частичной заменой использованных при физическом пуске технологических каналов и установкой измерительного канала;
- вводом в эксплуатацию штатной СУЗ, в том числе и датчиков, установленных после ФП;
- вводом в эксплуатацию штатной системы заполнения реактора водой.

При проведении контрольного физического пуска были решены следующие основные задачи:

- 1) определены критические состояния реакторов в петлевом варианте загрузки - предварительное (26 ТК, ИК и 4 РК) и штатное (30 ТК и ИК);
- 2) проверены эффективность и регулировочные характеристики системы регулирующих барабанов и эффективность стержней дополнительной аварийной защиты;
- 3) прокалиброваны датчики штатной системы управления и защиты реактора;
- 4) проведены радиационные исследования;
- 5) определено влияние рабочих газов на реактивность реактора;
- 6) исследован режим "слепого" выхода на минимально-контролируемый уровень мощности и отработан регламент режима "I" горячего пуска.

Эксперименты во время КФП выполнялись с использованием методик и результатов ФП, а также методик разработанных непосредственно для КФП.

Работы проводились в три стадии.

На первой, 4-6 января, произведена загрузка реактора технологическими, физическими и измерительными каналами.

На второй стадии, она началась сразу после загрузки реактора в 20.00 6 января до 10 января проведены исследования и решены все задачи, кроме отработки методики "слепого" выхода.

На третьей стадии 13-16 января отработан регламент "слепого" выхода и режима "I" горячего пуска. Управление реактором на первых двух стадиях осуществлялось с использованием СУЗ ФП с пульта физического пуска, а на третьей стадии с использованием штатной СУЗ с центрального пульта.

Эксперименты показали хорошее совпадение критических состояний реактора и эффективности органов регулирования при КФП и ФП, что послужило основанием использования при КФП результатов ФП. Руководил контрольным физическим пуском начальник отдела 240 Грознов Валерий Николаевич.

Схема по отработке регламента "слепого" выхода на МКУ

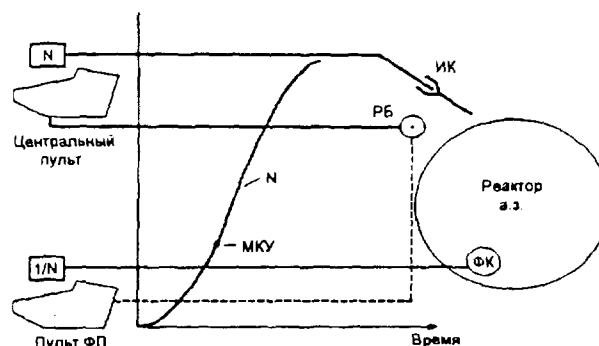


Рис. 1

- ◆ Холодный пуск стенда с использованием водорода (ХПВ)

Холодный пуск стендового комплекса - второй этап энергетического пуска, являющийся генеральной репетицией горячего пуска, проводился в период с 6 по 9 февраля 1975 года. При проведении холодного пуска была использована активная зона со штатной загрузкой. В качестве теплоносителя использовался водород. Было задействовано все штатное оборудование и системы, предназначенные для проведения горячего пуска, включая и подземный газгольдер 104А.

Все работы проводились в строгом соответствии с технологическим регламентом и положением об организации работ, за исключением того, что в пусковую смену не выполнялись операции, связанные с управлением реактора и в целях экономии водорода продолжительность работы на номинальном уровне была сокращена до 100с.

При проведении ХПВ впервые была осуществлена продувка ТК и ИК водородом при номинальных для горячего пуска параметрах и измерено давление водорода в трактах технологических каналов.

Результаты этих измерений позволили выбрать аварийные уставки в трактах ТК.

В процессе ХПВ проверена готовность персонала всех смен к проведению горячего пуска, откорректирован регламент и положение об организации работ, проведена заключительная проверка всех стендовых систем.

- ◆ Горячий пуск

Основными научно-техническими задачами горячего пуска являлись:

- ввод в строй и первое энергетическое опробование стендового комплекса "Байкал-1" совместно с реактором ИВГ.1 при охлаждении топлива водородом и при расхолаживании азотом;

- изучение нейтронно-физических и теплогидравлических характеристик реактора технологических каналов активной зоны;
- исследование внутренней (на территории и в помещениях стенда) и внешней (за пределами стенда) радиационной обстановки;
- дальнейшие исследования удельных энерговыделений в конструкциях реактора.

Сложность проведения горячего пуска - определялась его особенностями, к которым следует отнести:

- необходимость выполнения достаточно длительных работ по подготовке горячего пуска и послепусковых работ;
- кратковременность собственно пуска;
- невозможность проведения пуска при значительном перерыве в ходе его подготовки;
- большое число организаций и людей, принимающих участие в пуске;
- сложность и большой объем задействованного оборудования и систем;
- потенциально-опасный характер работ.

Поэтому для успешного проведения испытаний требовалась четкая организация действий всего пускового персонала и очень строгая регламентация объема, последовательности и продолжительности работ на всех этапах пуска.

Таблица 2

Посменный график подготовки и проведения энергопуска

I смена	Проверка исходного состояния систем. Включение приборов, подготовка оборудования. Переключение питания с "Алтайэнерго" на ДЭС.
II смена	Подача азота для тарировки КИП газовых систем. Тарировка, проверка срабатывания агрегатов стандартной автоматики. Проверка исполнительной части СУЗ.
III смена	Подача командных давлений на редукторы. Проверка прохождения сигналов ПС от ГС и ВС. Химический анализ рабочих тел, воды.
IV смена	Проверка герметичности газовых систем, Заполнение напорных емкостей 107 и бака ДАЗ. Проверка прохождения сигналов ААЗ.
V смена	Настройка редукторов системы подачи рабочего тела. Заполнение помещений 010, 131, 131А азотом. Подача водорода в систему. Подготовка УВК. Снятие колпачков с ТК. Продувка ТК азотом ~200 г/с.
VI смена	Демонтаж пом.200. Проверка критического состояния. Набор нулевой готовности. Оформление акта нулевой готовности.
VII смена	Пуск. $^{1146}$ завод источника $n^{\circ}$ , реализация программ горячего пуска. $^{1310}$ сброс регулирующих барабанов и стержней ДАЗ.
VIII смена	Расхлаживание. Радиационная разведка. Приведение систем в безопасное состояние.
IX смена	Установка пом.200. Консервация ТК. Оформление акта о приведении систем и реактора в безопасное состояние.

**Начальники смен:**

Поляков В.Н., Патраков А.И., Петрицкий Е.П., Падерин Ю.П., Трофимов Ю.А., Чайковский Е.В., Остапчук В.П., Коньшин В.П.

**Операторы СУЗ:**

Тихомиров Л.Н., Коротин В.А., Якунин В.Г.

**Отв. за газовые системы:**

Колбаенков А.Н., Редкин В.М., Кадников В.П.

**Контролирующие физики:**

Сорокин Б.В., Грознов В.Н.

Общее руководство подготовкой горячего пуска осуществлялось пусковой комиссией. Руководителем горячего пуска был Смирнов Александр Иванович - заместитель начальника Объединенной экспедиции по испытаниям. Начальник ОЭ Могильный Игорь Алексеевич перед пуском сломал ногу и "болел" за нас дома. Все работы по подготовке и проведению пуска выполнялись пусковым персоналом, личным составом внешнего обеспечения и персоналом экспериментальных групп. Работой внешнего обеспечения руководил заместитель командира полигона генерал-майор Барсуков Владимир Михайлович. В экспериментальные группы входили специалисты различных предприятий, например, в группу радиационных исследований входили: от войсковой части — Власенко Юрий Павлович, от института прикладной геофизики — Дмитриев Е.С., от ОЭ — Сорокин Б.В., Котов В.М., Беляков В.В.

4 марта 1975 года был объявлен пусковой период - началась непосредственная подготовка горячего пуска. Все подготовительные работы были распределены на шесть непрерывных подготовительных смен и выполнялись в полном соответствии с технологическим регламентом с 8.30 5 марта до 8.30 7 марта. В 8.30 7 марта приступила к работе 7-я пусковая смена, которая провела собственно горячий пуск (см. Табл. 3). В 13.30 7 марта начались послепусковые работы, которые были полностью выполнены в течении 2-х пусковых смен.

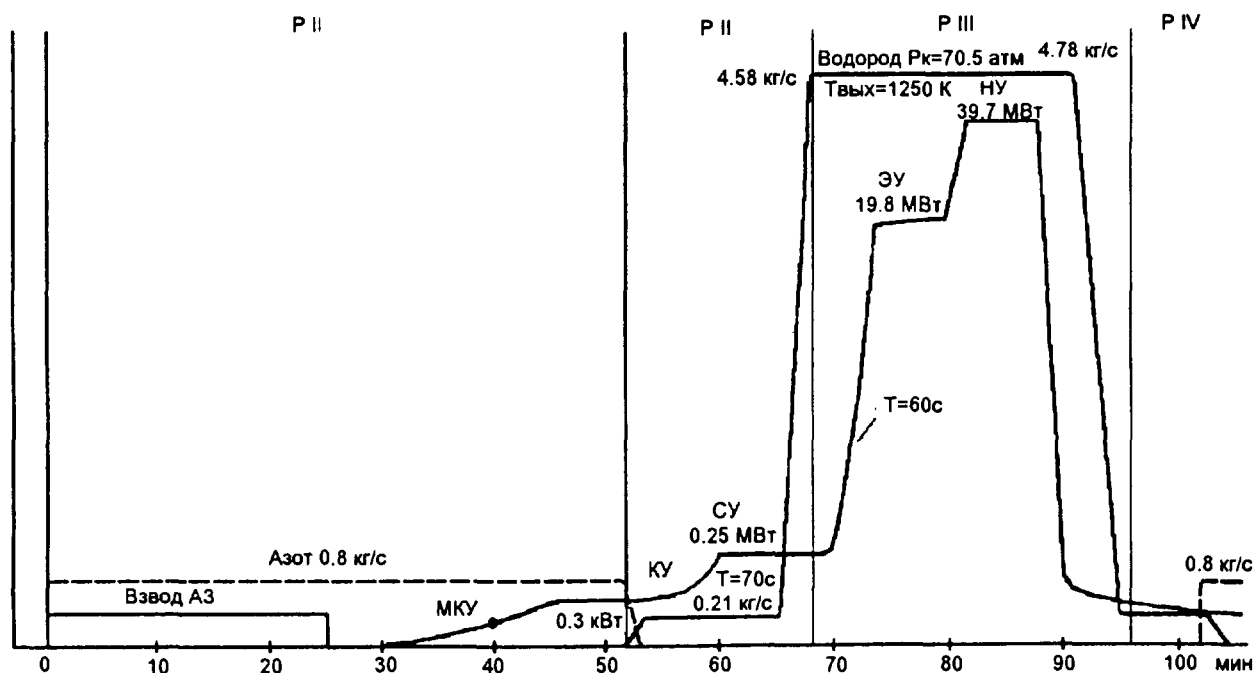
Как уже упоминалось, руководителем энергопуска был Смирнов Александр Иванович, ведущий пуск начальник лаборатории 242 Могилатов Николай Викторович, ведущий технолог Щербатюк Василий Михайлович, контролирующий физик Парамонов Виктор Васильевич, оператор-физик Коротин Владимир Александрович. Начальниками послепусковых смен были: начальник службы эксплуатации реактора Остапчук Вячеслав Петрович и начальник службы транспортно-технологических систем Коншин В.И..

Реализованная диаграмма горячего пуска представлена на рис.2.

Технологические режимы энергетического пуска реактора ИВГ - 1.

Готовность к режиму I	Режим I	Режим II	Режим III	Режим IV
<ul style="list-style-type: none"> <li>- нулевая готовность технологических систем</li> <li>- отсутствие сигналов ПС, АЗ</li> <li>- наличие необходимых запасов РТ</li> <li>- заполнение технологических помещений азотом</li> <li>- номинальный расход воды (от 3-х насосов 4МСК) = 64 кг/с</li> <li>- продувка ТК азотом G=0.8 кг/с</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- достижение МКУ, затем КУ мощности</li> <li>- включение системы поджигания</li> <li>- подача малого расхода водорода и прекращение подачи азота G<sub>N<sub>2</sub></sub>=0.21 кг/с</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выход на СУ мощности с T=70с</li> <li>- подача номинального расхода водорода ~4,6 кг/с</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выход на ЭУ мощности с T=60с</li> <li>длительность уровня ~300 с</li> <li>- увеличение мощности до НУ</li> <li>длительность уровня ~300 с</li> <li>- плановый останов разворотом РБ влево (10 шагов/с)</li> <li>- сброс стержней ДАЗ</li> <li>- уменьшение расхода водорода до ~0.22 кг/с</li> <li>длительность режима ~20 мин.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- охлаждение ТК водородом ~15 мин.</li> <li>- переход на охлаждение азотом ~0.8 кг/с</li> <li>- переход на малый расход воды ~ 3 кг/с (от двух насосов ЦНГ)</li> </ul>

Диаграмма пуска реактора ИВГ.1



Ведущий пуск — Могилатов Николай Викторович  
 Ведущий физик — Парамонов Виктор Васильевич

Ведущий технолог — Щербатюк Василий Михайлович  
 Оператор СУЗ — Коротин Владимир Александрович

Рис. 2

При проведении горячего пуска были реализованы следующие параметры стендовых систем:

№ п/п	ПАРАМЕТР	Значение параметра		
		расч.	эсп.	
1	Мощность реактора, МВт	20	19,8	
	- энергетический уровень - номинальный уровень	40	39,7	
2	Энерговыведение, МДж	-	2360	
3	Продолжительность рабочего реактора на номинальном уровне мощности, с	300	300 ±10	
4	Суммарный расход водорода на охлаждение технологических каналов, кг/с	4,4	4,58- -4,75	
5	Давление водорода в коллекторе, кгс/см <sup>2</sup>	70	70,5	
6	Температура водорода на выходе из ТК на номинальном уровне мощности	I ряд	1081	
		II ряд	990-1069	
		1111	1097-1201	
III ряд	1219	1127-1260		
6	Расход воды на охлаждение, кг/с	- суммарный	61	
		- центральной сборки	64	
		- отражателя	25	25,8
		- петлевого канала	25	27,4
		- крышки реактора	1,8	1,55
7	Давление воды в коллекторе, кгс/см <sup>2</sup>	9	9,2	
7	Давление воды в коллекторе, кгс/см <sup>2</sup>	10	10,3	
8	Температура воды в коллекторе, °С		32	
9	Температура воды на выходе из реактора, °С	- на энергетическом уровне мощности	37,5	
		- на номинальном уровне мощности	42	

Как видно из таблицы - расчетная диаграмма пуска и расчетное значение параметров реализованы достаточно точно и можно сделать общий вывод, что в целом основные параметры реактора и стендовых систем при пуске соответствовали заданным. В расчетах и анализе полученных результатов принимали участие: Тухватулин Ш.Т., Пивоваров О.С., Черепнин Ю.С., Егорова Л.А., Дегтяревич Л.С., Паршин Н.Я., Кадников В.П., Колодешников А.А., Васильев Ю.С..

Можно отметить еще один результат горячего пуска — экспериментальное подтверждение методик теплогидравлических расчетов.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Энергетический пуск является итогом многолетней творческой работы коллективов многих исследовательских, конструкторских и проектных организаций по созданию высокотемпературного газоохлаждаемого реактора ИВГ.1 и стендового комплекса. Научно-технические задачи, определенные программными документами энергетического пуска, были выполнены.

Реактор и стендовые системы успешно прошли энергетическое опробование и введены в строй действующих объектов.