

## Абстракт доклада

на 58-й сессии Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред

**М. В. Булавин**

«Статус работ по проекту нового источника нейтронов в ОИЯИ»

Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubna, Russia

[bulavinm@nf.jinr.ru](mailto:bulavinm@nf.jinr.ru)

В докладе представлены результаты работы за 2023 год и планы работ на 2024 год по проекту «Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ» с подпроектом «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обоснование разработки эскизного проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ – пульсирующего быстрого реактора НЕПТУН», реализуемых в рамках крупного научно-исследовательского инфраструктурного проекта № 04-4-1149-2024/2028 «Импульсный источник нейтронов и спектрометры».

### *1. Модель динамики импульсного реактора и выбор оптимальной компоновки а.з.*

Разработана модель динамики реактора НЕПТУН. Текущая версия компьютерной программы учитывает влияние на реактивность различных физических процессов (расширение топлива, термоупругие поперечные деформации твэлов, трение среды), а также конструкции активной зоны (различные типы закрепления твэлов и их взаимодействие между собой). Модель позволяет вычислять энергию импульсов и определять параметры устойчивости импульсного реактора периодического действия. Кроме того, в программе реализована возможность включения/отключения отдельных модулей (блоков), что позволяет проводить сравнение разных моделей расчета и учитывать влияние отдельных физических факторов.

Для реализации модели и проведения достоверных расчётов динамики реактора необходимо проведение теоретических (расчётных) и экспериментальных работ, которые решают две задачи: 1) получение параметров твэла и среды, которые используются в модели, 2) верификация (проверка) работы отдельных блоков модели, а также всей модели в целом, внесение поправок и модификация модели.

Основной задачей исследований на экспериментальных установках РФЯЦ-ВНИИТФ (ГК Росатом) является непосредственное наблюдение явления динамического изгиба твэла в нейтронном поле, а также измерение влияния энерговыделения в топливе на движение твэла. В настоящее время завершены работы по расчетному обоснованию постановки экспериментов, моделирующих основные особенности термомеханических процессов в твэлах реактора НЕПТУН, выполняемые по договору на НИР «Изучение термомеханических процессов в твэлах пульсирующего реактора НЕПТУН. Этап 1» с РФЯЦ-ВНИИТФ. На следующем этапе планируется подготовка технического задания и заключение договора на НИР с РФЯЦ-ВНИИТФ для постановки эксперимента с модельным твэлом на реакторе БАРС-5М в г. Снежинск. Также, в настоящий момент изготовлена конструкторская документация и начаты работы по изготовлению экспериментального стенда для периодического нагрева макета твэла в опытно-экспериментальном производстве ЛНФ ОИЯИ.

Продолжаются работы по выбору оптимальной компоновки а.з. реактора НЕПТУН. Проведен анализ динамических свойств реактора ИБР-2М и предложена модель термомеханических явлений, позволяющая выделить критические параметры (в т.ч. изгиб твэлов и тепловыделяющих сборок (ТВС)) в импульсе мощности, обуславливающие

неустойчивость мощности реактора после определенной степени выгорания топлива. Результаты этой работы используются для обоснования устойчивости реактора НЕПТУН в варианте компоновки активной зоны тепловыделяющими сборками (ТВС).

## *2. Разработка топлива для нового источника нейтронов*

Совместно с АО ВНИИНМ (ГК Росатом) согласована «Программа дореакторных исследований свойств топливных композиций для твэлов реактора НЕПТУН». Также проходит согласование технического задания на выполнение научно-исследовательской, опытно-конструкторской и опытно-технологической работы «Проведение подготовительных работ для разработки топлива из нитрида нептуния и твэлов на его основе для реактора НЕПТУН», в рамках которой планируется подготовить документацию для получения 4 кг ядерного материала – нептуния-237, а также провести подготовку к проведению экспериментов по изготовлению топливной таблетки из нитрида нептуния на базе АО ВНИИНМ.

## *3. Оптимизация конструкции реактора*

Совместно с АО НИКИЭТ (ГК Росатом) ведутся работы по проведению НИОКР «Расчетные обоснования конструктивных решений модулятора реактивности и корпуса импульсного реактора периодического действия НЕПТУН». По итогам данной НИОКР будет определена степень работоспособности наиболее нагруженных элементов реактора и дана оценка обоснованности перехода к эскизному проекту реакторной установки нового источника нейтронов НЕПТУН.

В СНИКЗ ЛНФ совместно с АО НИКИЭТ проводятся (уточняются) тепловые расчеты модулятора реактивности с целью определения максимального нагрева гидрида титана в рабочем режиме реактора НЕПТУН и определения условий, при которых гидрид титана сохраняет свои свойства. Ведется работа по обоснованию технических решений, которые создают условия, не допускающие возможного перегрева гидрида титана: вставки из никеля, карбида бора, термоизолирующие прокладки и т.п.

## *4. Разработка модулятора реактивности реактора НЕПТУН*

В настоящее время продолжается НИР «Отработка технологии изготовления пластин гидрида титана для применения в элементах конструкции модулятора реактивности импульсного реактора «НЕПТУН». Исполнитель – ООО «Гранком», г. Кулебаки, Владимирская область. Для нахождения оптимального режима изготовления пластин гидрида титана с применением метода горячего изостатического прессования изготовлено два образца диаметром  $D=40$  мм, длиной  $L=400$  мм: №1 – с выдержкой 2 часа при давлении прессования  $P=105$  МПа и температуре  $922^{\circ}\text{C}$ , №2 – с выдержкой 2 часа при давлении прессования  $P=104$  МПа и температуре  $T=499^{\circ}\text{C}$ .

На следующем этапе планируется проведение измерения содержания водорода в обоих образцах, в том числе и с проведением облучения в условиях, при которых дозовая нагрузка на образцах будет сопоставима с расчетной дозовой нагрузкой на модуляторе реактивности в рабочем режиме, и сравнение полученных значений концентрации водорода с требуемыми значениями для модулятора реактивности реактора НЕПТУН (не менее  $3,3\pm 0,2\%$ ). После получения образца с требуемым содержанием водорода будут выполнены работы по определению механических свойств спрессованного образца.

Завершающий этап изготовления пластин гидрида титана предполагает изготовление опытных образцов с геометрическими размерами, соответствующими реальным размерам пластин модулятора реактивности.

Разрабатывается перечень НИОКР для проведения работ по созданию макета модулятора реактивности реактора НЕПТУН.

## *5. Комплекс замедлителей*

Продолжается анализ эффективности использования водородосодержащих материалов в качестве криогенных замедлителей на новом реакторе НЕПТУН. Одним из основных вариантов, предлагаемых для использования, является ароматический углеводород мезитилен в виде твердых замороженных шариков. В настоящее время

определена оптимальная конфигурация такого замедлителя: водяной предзамедлитель толщиной 4 см и криогенный мезитиленовый шариковый замедлитель толщиной 3 см.

Ввиду высокой дозовой нагрузки работоспособность шарикового мезитиленового замедлителя на реакторе НЕПТУН будет обеспечиваться системой быстрой смены рабочего вещества в камере, концепция которой в настоящее время прорабатывается. Создание опытного образца камеры криогенного шарикового замедлителя с такой системой быстрой смены рабочего вещества запланировано на базе испытательного стенда криогенного замедлителя КЗ201 в экспериментальном зале реактора ИБР-2.

Планы работ по направлению криогенных замедлителей реактора НЕПТУН также включают в себя проведение расчетов по определению оптимальной конфигурации камеры с рабочим веществом на основе жидкого водорода.

*б. Научная программа*

Ведется подготовка материалов и обсуждение научной программы, планируемой к реализации на новом источнике нейтронов, обсуждается состав научных инструментов с системами окружения образца и конфигурацией комплекса замедлителей.