

## ПРОГРАММА НИР

1. **Фамилия, Имя, Отчество:** Васильев Александр Олегович.
2. **Направление модернизации:** Ядерные технологии
3. **Тема научного исследования:** Разработка новых вычислительных алгоритмов и современного программного обеспечения для численного решения краевых задач для системы уравнений переноса нейтронов в многогрупповом диффузионном приближении в ядерном реакторе
4. **Характер научного исследования:** Фундаментальный
5. **Ключевые слова и словосочетания, характеризующие тематику научного исследования:** уравнение диффузии нейтронов, многогрупповое диффузионное приближение, спектральная задача, регулярный режим, метод конечных элементов, разностные схемы, ядерный реактор, активная зона, выбор шага по времени, fenics, slepc
6. **Коды ГРНТИ, охватываемые научным исследованием:**  
27.41.19 - Вычислительная математика. Численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений  
28.17.23 - Теория моделирования. Моделирование физических процессов  
58.33.05 - Ядерные реакторы. Расчеты ядерных реакторов
7. **Сроки реализации проекта:** январь 2018 г. - декабрь 2020 г.
8. **Формулировка решаемой проблемы:** Стремительное развитие атомной энергетики во второй половине прошлого века стимулировало разработку эффективных методов математического моделирования переноса нейтронов. Математические модели играют важную роль в разработке эффективных ядерных реакторов, обеспечивают их безотказную работу и оценивают риск различных неисправностей и аварий. Ряд крупных аварий на атомных электростанциях в мире серьёзно отразились на перспективах ядерной энергетики в целом. Новые стандарты безопасности поставили перед инженерами и учеными важные цели о повышении качества моделирования физических процессов в ядерном реакторе. В связи с этим, разработка новых методов и алгоритмов расчета реакторов получила дополнительное ускорение.  
Существующие инженерные программы разработаны, как правило, под один конкретный тип реакторной установки. Тенденция разработки программ применительно к конкретному типу реакторных установок сохраняется до настоящего времени. Используемые в этих программах подходы и приближения применимы для определенного типа установок и, как правило, заложены в саму структуру алгоритмов. Поэтому необходимо разрабатывать универсальные программы для расчетов реакторных установок различных типов без изменения структуры программы.
9. **Цели научного исследования:** Разработка новых вычислительных алгоритмов и современного программного обеспечения для численного решения краевых задач для системы уравнений переноса нейтронов в многогрупповом диффузионном приближении в ядерном реакторе
10. **Задачи научного исследования:** Разработка вычислительных алгоритмов решения динамических задач диффузии нейтронов; Создание современного, универсального программного обеспечения с поддержкой параллельных вычислений; Широкомасштабное тестирование вычислительных алгоритмов и программного обеспечения

**11. Методы решения задач научного исследования:** Математические модели исследуемых задач базируется на уравнении переноса нейтронов. Вычислительные алгоритмы численного решения прикладных задач основаны на хорошо проработанных конечно-элементных аппроксимациях по пространству на неструктурированных сетках. Аппроксимация по времени для базовых задач строится на основе общей теории разностных схем. Программное обеспечение пишется с использованием современных программных продуктов с применением инженерных и научных библиотек и параллельных технологий.

**12. Основное содержание научного исследования:** Большая часть процессов в ядерном реакторе существенно не стационарна. Для исследования динамических процессов в ядерном реакторе, которые описываются задачей Коши, применяются, в частности, решения спектральных задач. Одной из основных характеристик динамических процессов является максимальное собственное значение оператора эволюционного уравнения или коэффициента критичности  $k$  реактора. Расчеты коэффициента критичности реактора на основе решения спектральной задачи обязательно сопровождается разработку любой новой компоновки активной зоны реактора. Проведенные ранее исследования показали, что для более адекватной характеристики динамической природы реактора вместо коэффициента критичности  $k$  лучше использовать спектральный параметр  $\alpha$ . Он определяется как основное собственное значение так называемой  $\alpha$  - спектральной задачи. Исследованию актуальных задач для расчета спектральных характеристик динамических процессов в ядерном реакторе и будет посвящена часть научно-исследовательской работы. Численные расчеты реальных трехмерных конструкций требуют использование больших расчетных сеток, а динамические процессы моделируются на больших временах. Для численного решения таких сложных задач с большим количеством расчетных элементов применяются высокопроизводительные вычислительные системы и современные программные продукты. Поэтому для решения динамических задач должны применяться алгоритмы выбора шага по времени, которые ускоряют численные расчеты и сохраняют высокую точность получаемых численных результатов решения задачи.

**13. Критические технологии Российской Федерации, в которых возможно использование результатов научного исследования:** Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем

**14. Приоритет научно-технологического развития Российской Федерации, которому соответствует предлагаемое научное исследование:** Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта

**15. Планируемые показатели:**

| № п/п | Планируемые результаты работы   | Год  |      |      |
|-------|---|------|------|------|
|       |   | 2018 | 2019 | 2020 |
| 1     | Количество научных публикаций (монографии, учебники, учебные пособия, статьи, тезисы докладов, другие публикации)                         | 2    | 2    | 2    |
|       | Из них:   |      |      |      |
|       | количество публикаций, индексируемых в международной информационно - аналитической системе научного цитирования Web of Science            | 1    | 1    | 1    |
|       | количество публикаций, индексируемых в международной информационно - аналитической системе научного цитирования Scopus                    | 1    | 1    | 1    |
|       | количество публикаций в российских отраслевых научных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий РИНЦ | 1    | 1    | 1    |



|   |  |   |   |   |
|---|--|---|---|---|
| 2 | Участие в конференциях, в том числе международных  | 2 | 2 | 2 |
| 3 | Количество результатов интеллектуальной деятельности   | 0 | 0 | 1 |
|   | Из них:  |   |   |   |
|   | имеющих правовую охрану и планируемых к использованию в Российской Федерации и за ее пределами | 0 | 0 | 0 |
|   | имеющих правовую охрану и планируемых к использованию в Российской Федерации                   | 0 | 0 | 1 |
|   | имеющих правовую охрану за пределами Российской Федерации                                      | 0 | 0 | 0 |
|   | имеющих правовую охрану в Российской Федерации   | 0 | 0 | 0 |

Руководитель организации

и.о. ректора, к.п.н.

М.П.

(подпись)

/ Федоров М. П. /

Соискатель Стипендии Президента РФ

(подпись)

/ Васильев А. О. /