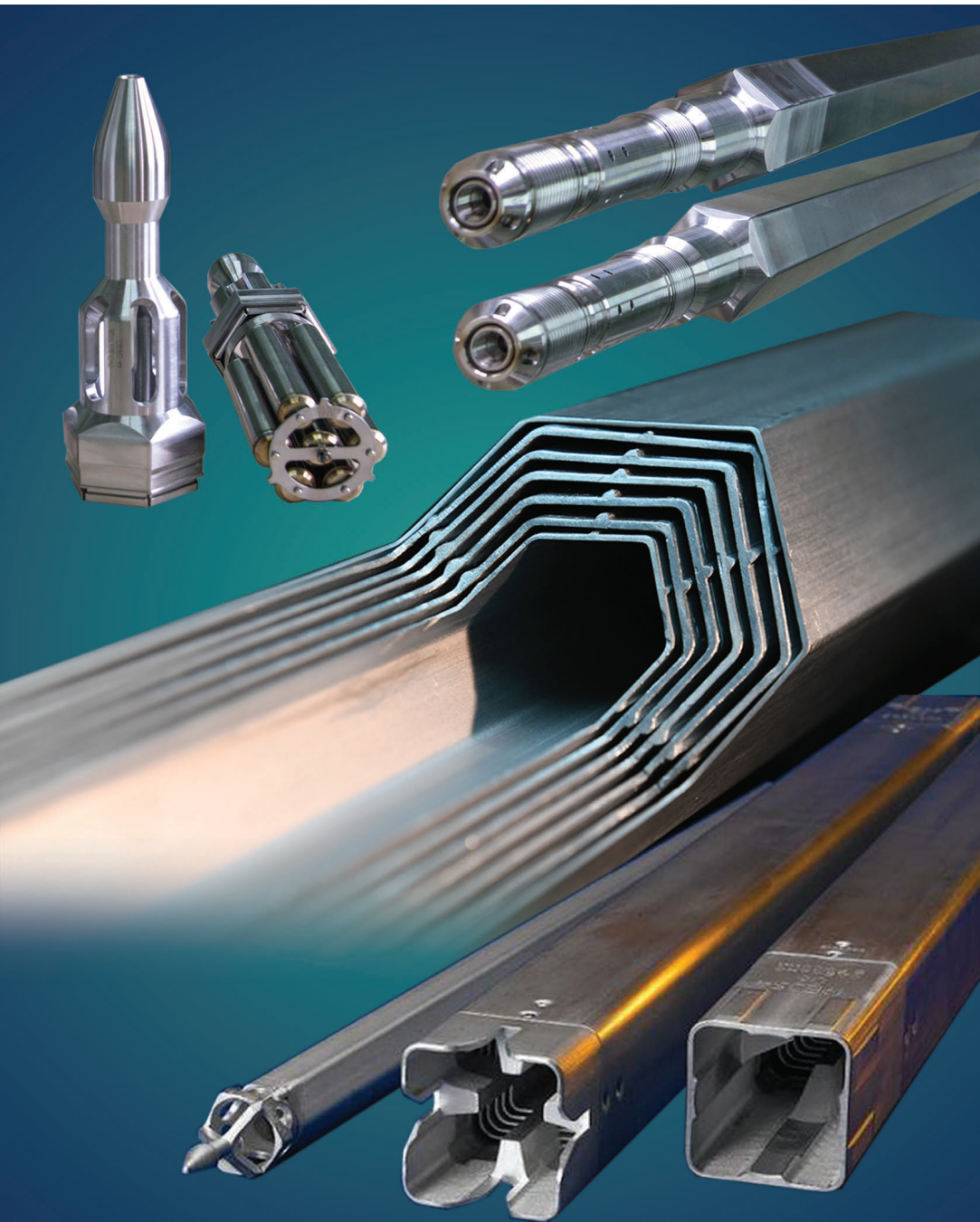




НАУКА
И ИННОВАЦИИ
РОСАТОМ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

ТОПЛИВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
РЕАКТОРОВ



ОСОБЕННОСТИ ТОПЛИВА
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
РЕАКТОРОВ

СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ ТОПЛИВА
РЕАКТОРОВ РАЗНЫХ
ТИПОВ; ДОСТОИНСТВА
РОССИЙСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

КОНВЕРСИЯ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
РЕАКТОРОВ – ИТОГИ И
БУДУЩЕЕ

ПЕРСПЕКТИВЫ
СОЗДАНИЯ ТОПЛИВА ДЛЯ
СУЩЕСТВУЮЩИХ И НОВЫХ
РЕАКТОРОВ

Государственная корпорация
по атомной энергии «Росатом»
Частное учреждение «Наука и инновации»
Центр аналитических исследований
и разработок

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Частное учреждение «Наука и инновации»
Центр аналитических исследований и разработок

ТОПЛИВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ

Москва
2022

УДК 621.311

ББК 31.4

А 87

А 87 Топливо перспективных исследовательских реакторов. Аналитический отчет / Архангельский Н.В., Птицын П.Б.; М.: ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2022. – 92 с.

ISBN 978-5-498-00901-8

© ЦАИР, Частное учреждение «Наука и инновации», 2022

Подписано в печать 2.09.2022. Формат 60x84 1/8. Бумага мелованная.
Гарнитура Rosatom. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,70.
Тираж 100 экз. Заказ № 6178.

Отпечатано в ООО «Элефант»:
610040, г. Киров, ул. Мостовая, д. 32/7,
www.hibox.pro

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ:

Топливо перспективных исследовательских реакторов.

АВТОРЫ:

Архангельский Н.В., аналитик группы ПННТР отраслевого Центра аналитических исследований и разработок частного учреждения «Наука и инновации», кандидат технических наук.

Птицын П.Б., заместитель директора – директор отраслевого Центра аналитических исследований и разработок частного учреждения «Наука и инновации».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Буймов С.А., заместитель генерального директора – главный инженер ПАО «НЗХК».

Енин А.А., главный конструктор – начальник отдела главного конструктора ПАО «НЗХК».

Салькова Е.С., руководитель проекта по продвижению топлива и урановых компонентов ПАО «НЗХК».

Черепнин Ю.С., главный конструктор активных зон – директор отделения АО «НИКИЭТ», доктор технических наук.

РЕФЕРАТ:

Отчет посвящен описанию истории, современного состояния и перспективам развития топлива исследовательских реакторов в России и мире. Приведены данные по параметрам топлива для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах. Проанализированы направления технологического развития и повышения потребительских характеристик топлива. Особое внимание уделено вопросу разработки топлива для строящегося реактора МБИР. Рассмотрены вопросы конверсии топлива исследовательских реакторов с высокообогащенного урана на низкообогащенный уран.

Аналитический отчет подготовлен в рамках Плана деятельности отраслевого Центра аналитических исследований и разработок частного учреждения «Наука и инновации» на 2021 год.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Исследовательский реактор, тепловыделяющий элемент, тепловыделяющая сборка, «качество» реактора, конверсия реакторов, высокообогащенный уран, низкообогащенный уран.

ЦИТИРОВАНИЕ:

Топливо перспективных исследовательских реакторов. / Архангельский Н.В., Птицын П.Б. – М.: ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2022. – 92 с. – Рус. – Деп. 28.04.2022, № 18-В2022.

TITLE:

Perspective fuel of research reactors.

AUTHORS:

Arkhangelskiy N.V., Ptitsyn P.B., Centre of Analytical R&D (CARD), Private Enterprise “Science and Innovations”, State Atomic Energy Corporation Rosatom.

REVIEWERS:

Buimov S.A., «NCCP» PJSC.

Enin A.A., «NCCP» PJSC.

Sal'kova E.S., «NCCP» PJSC.

Cherepnin Yu.S., NIKIET JSC.

ABSTRACT:

The report is devoted to the description of the history, current status and prospects for the development of research reactor fuel in Russia and in the world. Data on fuel parameters for thermal and fast research reactors are presented. The directions of technological development and improvement of consumer characteristics of fuel are analyzed. Special attention is paid to the issue of fuel development for the MBIR reactor that is now under construction. The issues of conversion of research reactor fuel from highly enriched uranium to low enriched uranium are considered.

This report was prepared as a part of the Action Plan for 2021 of the Centre of Analytical R&D (CARD).

KEYWORDS:

research reactor, fuel element, fuel assembly, “quality” of reactor, reactor conversion, highly enriched uranium, low enriched uranium.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ | 7 |
| 2. ОСОБЕННОСТИ ТОПЛИВА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ | 11 |
| 3. ТОПЛИВО РЕАКТОРОВ НА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНАХ | 19 |
| 4. ТОПЛИВО ВЫСОКОПОТОЧНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ | 37 |
| 5. ТОПЛИВО РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ | 47 |
| 6. КОНВЕРСИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ. ВКЛАД В ПРОБЛЕМУ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ИЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИСКРИМИНАЦИЯ? | 59 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ ТОПЛИВА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ | 73 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ. ДАННЫЕ ПО ТОПЛИВУ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ | 76 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 82 |
| ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ | 88 |



ВВЕДЕНИЕ

Особенности исследовательских реакторов (ИР), как особого класса ядерных установок, определяют весьма специфические требования к топливу этих реакторов.

Это предопределило то, что технологии производства топлива для ИР развивались достаточно обособленно от топлива энергетических и транспортных реакторов, хотя, естественно, и пересекались по многим аспектам. Больше того, и внутри общего направления по топливу ИР отдельные направления, такие, как топливо для бассейновых реакторов, высокочастотных реакторов на тепловых нейтронах, реакторов на быстрых нейтронах, импульсных реакторов, значительно различаются по технологическим подходам.

Важно и то, что номенклатура топлива для ИР велика, а масштабы производства, напротив, невелики по сравнению с топливом для реакторов АЭС.

При определенной мощности ИР повысить параметры реакторов, т.е. плотности потоков нейтронов в экспериментальных каналах, можно практически только за счет улучшения параметров твэлов и ТВС. Эти параметры достигли высокого технологического совершенства, что, безусловно, затрудняет получение топлива с более высокими характеристиками.

Тенденции в разработке топлива для ИР на тепловых нейтронах в течение последних десятилетий были в значительной степени связаны с реализацией так называемой конверсии топлива реакторов с высокообогащенного урана (ВОУ) на низкообогащенный (НОУ), и потому на эту проблему необходимо обратить особое внимание. Конверсия реакторов в основном завершена, но важной остается конверсия высокопоточных реакторов. Отдельная глава отчета посвящена рассмотрению этой проблемы, имеющей технические, экономические и политические аспекты.

Данный отчет сконцентрирован на тех направлениях, которые представляются актуальными в настоящее время. Такими направлениями мы считаем топливо для бассейновых ИР, топливо для реакторов сверхвысокой удельной мощности, топливо реакторов на быстрых нейтронах.

Весьма специфичное топливо импульсных реакторов в отчете не рассматривается. Изготовление этого топлива не носит серийный характер и его особенности подробно описаны, например, в фундаментальной монографии [1].

С полными версиями аналитических отчетов отраслевого Центра аналитических исследований и разработок можно ознакомиться на следующих ресурсах:

1. Портал отраслевого Центра аналитических исследований и разработок (доступ осуществляется через внутреннюю сеть КСПД Росатома)



2. Раздел отраслевого Центра аналитических исследований и разработок на портале «Страна Росатом» (доступ осуществляется через внутреннюю сеть КСПД Росатома)

