

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕХОДА К ЗАМКНУТОМУ ЯДЕРНОМУ ТОПЛИВНОМУ ЦИКЛУ

Филипчик В. В. (Университет ИТМО), Симонов И. А. (НГТУ им. Р. Е. Алексеева)

Научный руководитель – доцент, к.э.н. Павлова Е. А.

(Университет ИТМО)

Введение.

Накопление радиоактивных отходов – это проблема для всех стран, применяющих ядерные технологии. Замкнутый ядерный топливный цикл может обеспечить преимущество при обращении с радиоактивными отходами. Захоронение большого количества отработавшего ядерного топлива может повлечь для собой экологическую катастрофу, в то время как переработка ОЯТ сможет снизить нагрузку на хранилища, а также снизить использование природного урана.

Основная часть.

Ядерный топливный цикл представляет собой следующую цепочку: от добычи урана, его обогащения и производства из него топлива для АЭС до утилизации радиоактивных отходов. Цикл включает в себя три основных этапа: подготовка топлива к эксплуатации, эксплуатация топлива в активной зоне реактора, переработка или утилизация отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Данные этапы, при включении в цикл переработку ОЯТ, составляют концепцию будущего атомной энергетики.

Замкнутый ядерный топливный цикл (ЗЯТЦ) – это усовершенствованный топливный цикл. Его целью выступает достижение устойчивого функционирования атомной энергетики. Должно произойти сокращение радиотоксичности радиоактивных отходов, а также оптимизация использования ограниченных природных ресурсов [2].

ЗЯТЦ экономически более эффективный, чем открытый ядерный топливный цикл, поскольку себестоимость ядерного топлива (ЯТ) снижается ввиду сокращения расходов на его добычу и обогащение, что является весомыми затратами при производстве ЯТ. Кроме этого, снижаются расходы на хранение отходов, не подлежащих переработке.

Разные страны имеют свои подходы по достижению замкнутого цикла, но все они, в основном, основаны на:

- усовершенствовании ядерных реакторов;
- новых способах переработки топлива.

Кроме того, общей чертой почти всех ЗЯТЦ является поиск оптимальной комбинации реакторов на тепловых нейтронах (например, ВВЭР) и реакторов на быстрых нейтронах (бридеры, реакторы-размножители).

В России реализуется ГК «Росатом» проект «Прорыв», который нацелен на достижение замкнутого ядерного топливного цикла. В рамках проекта происходит разработка, создание и реализация в промышленных масштабах ЗЯТЦ. Один из проектов, который заслужено привлекает к себе внимание – строительство энергоблока нового поколения БРЕСТ-ОД-300 в Северске. Рефарибикация отработавшего ядерного топлива будет происходить непосредственно рядом с реакторной установкой. Таким образом будет реализован ПЯТЦ – пристанционный ядерный топливный цикл.

Помимо строительства комплекса на площадке "Сибирского химического комбината", разрабатываются новые виды топлива, их модернизация и поиск оптимальной комбинации составляющих элементов (регенерированный уран, МОКС-топливо, РЕМИКС-топливо). Регенерированный уран представляет собой уран, восстановленный в процессе переработки ОЯТ. Его применение ограничено ввиду присутствия в нем искусственных четных изотопов ^{232}U и ^{236}U , а также более высоким содержанием ^{234}U [1]. Такое топливо в данный момент используется в виде модернизированных рабочих кассет с регенерированным ураном (РТ) на

2 блоке Кольской АЭС с 2005 года. С 2027 года планируется расширить использование РТ и на первом блоке станции.

МОКС-топливо производится путем отделения плутония и переработки его в смеси с обедненным ураном в виде смешанного оксидного топлива [1; 4]. РЕМИКС-топливо состоит из смеси регенерированного урана и плутония, образованного в результате переработки ОЯТ. Его подпитывают ^{235}U в различных вариантах. Данное топливо находится на этапе разработки и в промышленных масштабах не применяется [2]. РЕМИКС-топливо, как ожидается, сможет дать 100% загрузку активной зоны реактора, в то время как МОКС-топливо, как правило, может составлять лишь 30% [2]. Достижением в этой области можно считать успешную 100% загрузку реактора на быстрых нейтронах БН-800 на Белоярской АЭС МОКС-топливом в 2022 году.

Кроме того, важным отличием между топливами МОКС и РЕМИКС является то, что РЕМИКС может многократно быть использовано в активной зоне реактора после переработки и обогащения. В то время, как МОКС-топливо в реакторе деградирует настолько, что дальнейшее применение его невозможно [3].

Выводы.

Замыкание топливного цикла предполагает переработку ядерных отходов и реализацию их в качестве нового топлива для реакторных установок. В результате решается проблема ядерных отходов, полученных в ходе однократного использования топлива для атомных станций. Это повлечет за собой значительное снижение использования природного урана, что позволит человечеству продлить век применения ядерной энергетики.

Список использованных источников:

1. Обедненный гексафторид урана (современная ситуация, вопросы безопасного обращения и перспективы) [Электронный ресурс] URL: https://www.rosatom.ru/ogfu_report_2020.pdf (дата обращения: 11.02.2023).
2. Рециклинг в атомной отрасли: от «хвостов» до быстрых реакторов [Электронный ресурс] URL: <https://naked-science.ru/article/physics/retsikling-v-atomnoj-otrasli-ot-hvostov-do-bystryh-reaktorov?amp> (дата обращения: 12.02.2023).
3. Closing the nuclear fuel cycle: issues and perspectives [Электронный ресурс] URL: https://oecd-nea.org/pt/docs/iem/madrid00/booklet/Over_Wydler.pdf (дата обращения: 12.01.2023).
4. Mixed Oxide (MOX) Fuel [Электронный ресурс] URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/mixed-oxide-fuel-mox.aspx> (дата обращения: 11.02.2023).

Филипчик В. В. (автор)

Подпись

Симонов И. А. (автор)

Подпись

Павлова Е.А. (научный руководитель)

Подпись