

ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА ЯДЕРНОЙ ТОПЛИВА ДЛЯ АЭС

Хикматов Илхом Ихтиярович, Авезов Исмоил Ёшсузоқ ўғли

Преподаватель кафедры физики

ARTICLE INFO.

Ключевые слова:

Ядерная энергетика, нейтрон, топливный цикл, ядерного горючего.

Аннотация

В данной статье приведены данные недавнего статистического исследования. Чтобы получить 1 мегаватт-сутки энергии (86,4 ГДж тепловой или примерно 10 000 кВт часов электрической энергии), достаточно деления одного грамма урана. В реакторе большой мощности за год выгорает примерно тонна урана. Проблема в том, что для получения энергии из одного грамма урана необходимо загрузить в реактор намного больше.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2022 LWAB.

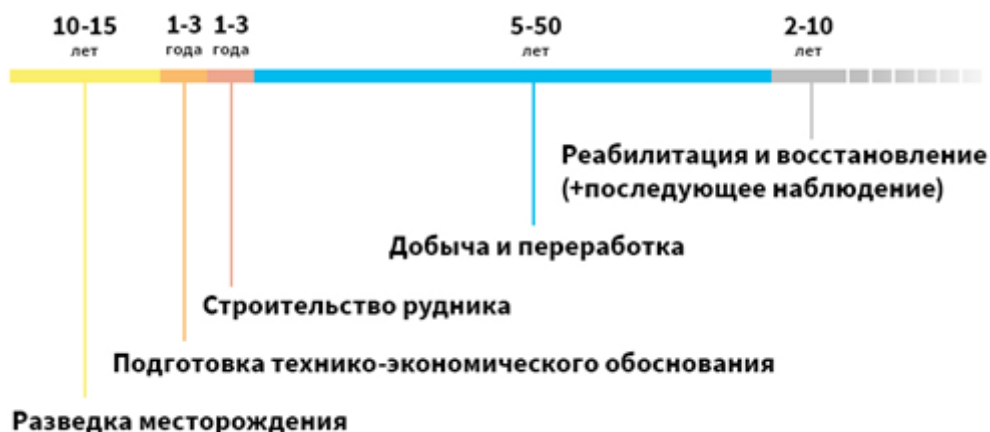
Атомная энергетика является важнейшей составляющей функционирования электроэнергетики. Ядерная энергия вырабатывается атомными электрическими станциями (АЭС).

Ядерная энергетика - отрасль, благодаря которой производится 10 процентов всей электроэнергии на Земле. В ее основе лежит крайне энергоэффективный физический процесс выделения тепла - деление атомных ядер.

Чтобы получить 1 мегаватт-сутки энергии (86,4 ГДж тепловой или примерно 10 000 кВт часов электрической энергии), достаточно деления одного грамма урана. В реакторе большой мощности за год выгорает примерно тонна урана.

Для сравнения: станция, которая работает, например, на мазуте или угле, за это время потребляет примерно 2 миллиона тонн топлива. То есть по энерговыделению один грамм урана эквивалентен двум тоннам нефти.

Проблема в том, что для получения энергии из одного грамма урана необходимо загрузить в реактор намного больше. В активной зоне любого работающего реактора существует нейтронное поле. Нейтроны, излучаемые ядрами урана, вызывают деление других ядер урана с появлением новых нейтронов - так происходит самоподдерживающаяся цепная реакция, благодаря которой мы получаем большое количество энергии. Нейтрон с большой вероятностью должен попасть в ядро урана и вызвать его деление, прежде чем он вылетит за пределы активной зоны реактора, поэтому таких ядер должно быть много. И чтобы организовать пространство, где можно поддерживать и контролировать нейтронное поле, требуется несколько десятков тонн урана.



1-рис. Производственный цикл урана

Основными минералами, содержащими уран, являются уранинит (смесь оксидов урана и тория с общей формулой $(U, Th)O_{2x}$), настуран (оксиды урана: UO_2 , UO_3 , также известен как урановая смолка), карнотит – $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$, уранофан – $Ca(UO_2)SiO_3(OH)_2 \cdot 5H_2O$ и другие. Извлечение урана из горных пород осуществляется следующими способами:

- **Карьерная добыча** (открытый способ) используется для извлечения руды, которая находится на поверхности земной коры или залегает неглубоко. Способ заключается в создании котлованов, которые называются карьерами, или разрезами. К настоящему времени месторождения, допускающие добычу карьерным методом, практически исчерпаны. Добыча составляет 23%;
- **Шахтная добыча** (закрытый способ) применяется для добычи полезных ископаемых, залегающих на значительной глубине, и подразумевает сооружение комплекса подземных горных выработок. Добыча – 32%;
- **Подземное выщелачивание** подразумевает закачивание в пласт под давлением водного раствора химического реагента, который, проходя через руду, избирательно растворяет природные соединения урана. Затем выщелачивающий раствор, содержащий уран и сопутствующие металлы, выводится на поверхность земли через откачные скважины. Добыча – 39%.
- **Совместная добыча** с рудами других металлов (уран в данном случае является побочным продуктом) – составляет 6%. Производство диоксидного топлива из урановой руды представляет собой сложный и дорогостоящий процесс, включающий в себя извлечение урана из руды, его концентрирование, очистку (аффинаж), конверсию (получение гексафторида урана, обогащение, деконверсию (перевод UF_6 в UO_2), изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов).

Стоимость свежего уран-оксидного топлива распадается на четыре составляющих: природный уран, химическая конверсия, обогащение, фабрикация топлива. При обогащении урана процент расщепляющегося изотопа урана-235 увеличивается с природного уровня в 0,71% до реакторного уровня 3,2% (для реакторов BWR) или 3,6% (для реакторов PWR). В результате производства получают обогащенный уран и отходы (обедненный, обычно до 0,3%, уран-235).

Ядерное топливо (ЯТ) – это материал, служащий для получения энергии в ядерных реакторах.

Существует три вида ядерного топлива - плутониевое, ториевое и урановое. Но в силу сложности производства и переработки первых двух и больших запасов последнего, в качестве топлива для АЭС используют именно уран - самый тяжелый металл на нашей планете.

Топливный цикл

Для ядерных реакторов вводится понятие топливного цикла. Топливный цикл – это комплекс операций на предприятиях ядерной энергетики, таких как добыча переработка руды, обогащения урана изотопом U-235, приготовление ядерного топлива, фабрикация топливных элементов и сборок, переработка выгоревшего топлива, захоронение радиоактивных отходов.

Топливо

Топливом ядерных реакторов является либо естественный уран, в котором концентрация урана-235 составляет 0,7 %, либо “обогащенный” уран, в котором концентрация изотопа урана-235 достигает 2,3,4 или более процентов. Обогащение урана изотопом U-235 до высоких концентраций осуществляется на специальных заводах за счет использования различия масс изотопов урана в аппаратах газовой диффузии или с использованием центрифуг. В типичном топливе реакторов уран-235 содержится в форме окиси UO_2 . Таблетки спеченной окиси урана диаметром 9-10 мм обычно заключаются в герметичную цилиндрическую защитную оболочку из циркониевого сплава.

Ядерное горючее – это делящееся вещество, нуклиды, которые обеспечивают цепную реакцию деления ядер и входят в состав ядерного топлива. Обычно ядерное топливо представляет собой комбинацию различного сырьевого материала и ядерного горючего, содержащего делящиеся ядра, а также ядра, способные в результате бомбардировки нейтронами образовывать другие, несуществующие в природе, делящиеся ядра (например, Pu-239, U-233 и др.). Ядерное топливо производится (изготавливается) с использованием двух видов ядерного горючего:

- ✓ природного уранового, содержащего делящиеся ядра U-235, а также сырье U-238, способное при захвате нейтрона образовывать плутоний Pu-239;
- ✓ вторичного, которого не встречается в природе. К вторичному ядерному горючему относят Pu-239, получаемый из топлива первого вида, а также изотопы U-233, образующиеся при захвате нейтронов ядрами тория Th-232.

По химическому составу, ядерное топливо может быть: Металлическим, включая сплавы; Оксидным (например, UO_2); Карбидным (например, PuC_{1x}); Нитридным – Смешанным (МОКС) ($PuO_2 + UO_2$). Ядерное топливо используется в ядерных реакторах, где оно обычно располагается в герметично закрытых тепловыделяющих элементах (ТВЭЛах) в виде таблеток размером в несколько сантиметров. Высокими теплопроводностью и механическими свойствами обладают дисперсионные топлива, в которых мелкие частицы UO_2 , UC, PuO_2 и других соединений урана и плутония размещают гетерогенно в металлической матрице из алюминия, молибдена, нержавеющей стали и другими. Материал матрицы и определяет радиационную стойкость и теплопроводность дисперсионного топлива. Например, дисперсионное топливо первой АЭС состояло из частиц сплава урана с 9% молибдена, залитых магнием. Металлическое ядерное топливо используется в качестве ядерного горючего в газографитовых реакторах типа GCR.

Урановое оксидное ядерное топливо – это топливо, состоящее из спеченных при высоком давлении и температуре таблеток диоксида урана с обогащением 1,8-4% и выше по изотопу урана-235. Урановое оксидное топливо используется в качестве ядерного горючего в основном в реакторах типа PWR, BWR, PHWR, LWGR и AGR. Уран с содержанием урана-235 ниже 20% называют низкообогащенным. Концентрация 2–5% сегодня используется в реакторах по всему миру. Уран с обогащением до 20% используется в исследовательских и экспериментальных реакторах.

Согласно данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), атомная энергетика Мира обеспечена только разведанными запасами урана более чем на столетие. К

разведанным запасам следует добавить такое же количество перспективных и прогнозных ресурсов урана.

Ядерными энергоносителями также являются вторичные урановые ресурсы, а также торий, количество которого в недрах Земли превышает количество урана почти втрое.

Использование ядерной энергетики позволит в дальнейшем создать плацдарм для ускорения процесса устойчивого развития человечества.

Список литературы:

1. С.С.Ибрагимов. Проектирование двухскатной теплицы с эффективным использованием солнечного излучения.// Молодой ученый, (2016) С 103-105.
2. С.С.Ибрагимов., А.А. Маликов. Исследование теплового режима инсоляционных пассивных систем.// Молодой ученый, (2016) С 27-29.
3. Ахатов Ж.С., Самиев К.А., Мирзаев М.С., А.Э.Ибраимов А.Э. Исследование теплотехнических характеристик солнечной комбинированной опреснительно-сушильной установки. // Гелиотехника. 2018. № 1. С.20 -29.
4. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Экспериментальное исследование расстояния между испарителем и конденсатом наклонно-многоступенчатой опреснительной установки.// Гелиотехника. 2018. № 6. С.27 -34.
5. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Техничко-экономические показатели и оценка воздействия на окружающую среду усовершенствованной наклонной многоступенчатой солнечной установки для опреснения воды.// Путь науки Международный научный журнал. 2021. № 1 (83). С.17-23.
6. Ибрагимов С.С., Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш.. Исследование усовершенствованной сушилки фруктов и выбор поверхностей, образующих явление естественной конвекции.//Вестник науки и образования (2020)№ 20 (98). С 6-9.
7. С.С.Ибрагимов, Л.М.Бурхонов. Изучить взаимосвязь между поверхностью конденсации и прозрачной поверхностью в опреснителях воды.// Eurasian Journal of Academic Research 1 (9), 709-713.
8. С.С.Ибрагимов. Результаты лабораторной модели сушки фруктов.// Молодой ученый, (2016) С 79-80.
9. С.С.Ибрагимов. Результаты испытания водоопреснителя парникового типа.// Молодой ученый, (2016) С 67-69.
10. Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М., Составление программного обеспечения, алгоритм и расчет математической модели применения свойств солнечного опреснителя к точкам заправки топливом.// Молодой ученый, (2018) С 50-53.
11. Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М. Изучение принципа работы устройства насосного гелио-водоопреснителя.//Международный научный журнал «Молодой ученый», 26 (2018) С 48-49.
12. Кодиров Ж.Р, Хакимова С.Ш, Мирзаев Ш.М. Анализ характеристик параболического и параболоцилиндрического концентраторов, сравнение данных, полученные на них.// Вестник ТашИИТ №2 2019 С 193-197.
13. Кодиров Ж.Р., Мавлонов У.М., Хакимова С.Ш. Аналитический обзор характеристик параболического и параболоцилиндрического Концентраторов.// Наука, техника и образование 2021. № 2 (77). С 15-19.

14. Мирзаев Ш.М., Кодиров Ж.Р., Ибрагимов С.С. Способ и методы определения форм и размеров элементов солнечной сушилки. //Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2021;(25-27):30-39. <https://doi.org/10.15518/isjaee.2021.09.030-039>.
15. Mirzaev, Sh M.; Kodirov, J R. Ibragimov, S S. (2021) "Method and methods for determining shapes and sizes of solar dryer elements," // *Scientific-technical journal*: Vol. 4: Iss. 4, Article 11.
16. Qodirov, J. (2022). Установление технологии процесса сушки абрикосов на гелиосушилках.// Центр научных публикаций. Том 8 № 8 (2021)
17. Mirzayev Sh.M., Qodirov J.R., Hakimov B. Quyosh qurilmalarida o'riklarni quritish uchun mo'ljallangan quyosh qurilmasini yaratish va uning ishlash rejimini tadqiq qilish.// *Involta Scientific Journal*, 1(5), 371–379. (2022).
18. Sh. Mirzaev., J. Kodirov.,Khakimov Behruz. Research of apricot drying process in solar dryers.// *Harvard Educational and Scientific Review*. Vol. 1 No. 1 (2021).
19. Qodirov, J. Quyosh meva quritgichi qurilmasining eksperimet natijalari.// центр научных публикаций. Том 1 № 1 (2020).
20. Arabov J.O., Hakimova S.Sh., To'xtayeva I.Sh. Past haroratli qiya ho'llanadigan sirtli quyosh suv chuchutgichlarida bug'lanadigan sirt bilan kondensatsiyaladigan sirt orasidagi masofani optimallashtirish.// *Eurasian journal of academic research*Innovative Academy Research Support Center. Volume 1 Issue 01, (2021) .
21. Hikmatov Behzod Amonovich, Ochilova Gullola Tolibovna - Fizika fanidan labarotoriya mashg'ulotlarida dasturiy vositalardan foydalanish. PEDAGOGS-2022 Том 6 Номер 1 Страницы 382-388
22. Бехзод Амонович Хикматов - Изучение физико-механических и химических свойств почвы. Наука, техника и образование Номер 2-2 (77) Страницы 52-55
23. С.С.Ибрагимов. Определение геометрических размеров теплицы и способы подбора материалов.// Молодой ученый, (2016) С 105-107.
24. 3. С.С.Ибрагимов. Проектирование двухскатной теплицы с эффективным использованием солнечного излучения.// Молодой ученый, (2016) С 103-105.
25. I.I.Hikmatov. O'zbekiston Elektroenergetikasining Rivojlanishi.//*Involta Scientific Journal* (2022) tom 1. №6 С.10-17.
26. I.I.Hikmatov. Электропроводность алюминиевых сплавов, в зависимости от флюенса быстрых нейтронов.//Журнал Физико-математические науки. (2020) tom 1. №4 С.56-63
27. I.Hikmatov Исследование модели нового пластинчатого тепловыделяющего элемента.//Журнал Физико-математические науки (2020) tom 1. №4 С.66-73