

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ АКТИВНЫХ ЗОН ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности непрерывной образовательной
программы высшего образования
«Ядерные физика и технологии»



Минск
«Адукацыя і выхаванне»
2025

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	3
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ТИПЫ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ	7
2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	12
3. ЦИРКОНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ	16
3.1. Текстура и ползучесть изделий из циркония и его сплавов.	21
3.2. Влияние легирования на структуру, механические свойства и жаропрочность циркония	23
3.3. Коррозионная стойкость циркония и его сплавов	40
3.3.1. Взаимодействие циркония с кислородом	43
3.3.2. Коррозия циркония на воздухе, в воде и паре	44
3.3.3. Влияние примесей и легирующих элементов на коррозионную стойкость циркония	47
3.3.4. Влияние структурно-фазового состояния на коррозию циркониевых сплавов	54
3.3.5. Влияние внешних факторов на коррозию циркониевых сплавов	57
3.4. Взаимодействие циркония и его сплавов с водородом	60
3.4.1. Замедленное гидридное растрескивание	64
3.4.2. Локальное гидрирование	67
3.5. Коррозионное растрескивание под напряжением	68
3.6. Радиационная стойкость циркония и его сплавов	70
3.6.1. Радиационное упрочнение и охрупчивание	70
3.6.2. Радиационное формоизменение	72
3.7. Перспективы разработки толерантного ядерного топлива с циркониевой оболочкой применительно к условиям аварии типа аварии с потерей теплоносителя	84
3.7.1. Характеристика стадий протекания аварии типа аварии с потерей теплоносителя	85
3.7.2. Методы создания оболочек твэлов для толерантного топлива с использованием нанесения покрытий	88

4. НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ ПЕРЛИТНОГО КЛАССА (КОРПУСНЫЕ СТАЛИ ВОДО-ВОДЯНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА).	94
4.1. Маркировка легированных конструкционных сталей	95
4.2. Химический состав и структура перлитных сталей	97
4.3. Термическая обработка перлитных сталей.	106
4.4. Коррозионная стойкость перлитных сталей	108
4.5. Взаимодействие перлитных реакторных сталей с водородом. . .	110
4.6. Радиационная стойкость перлитных сталей	112
4.7. Восстановление свойств облученных корпусных сталей.	123
5. ЖАРОПРОЧНЫЕ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ СТАЛИ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА.	126
5.1. Сплавы систем Fe — Cr — Ni и Fe — Cr — Mn	127
5.2. Влияние легирования на структуру и свойства аустенитных сталей.	129
5.3. Коррозионная стойкость аустенитных сталей.	134
5.3.1. Коррозионная стойкость в воде и паре	134
5.3.2. Межкристаллитная коррозия	136
5.3.3. Коррозионное растрескивание под напряжением.	141
5.3.4. Коррозионная стойкость в жидкометаллических теплоносителях.	145
5.3.5. Коррозионная стойкость при взаимодействии с продуктами деления ядерного топлива	148
5.4. Радиационная стойкость аустенитных сталей	148
5.4.1. Радиационное упрочнение и охрупчивание	148
5.4.2. Радиационное распухание	152
6. КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ ХРОМИСТЫЕ СТАЛИ	156
6.1. Сплавы системы Fe — Cr	156
6.2. Влияние легирования на структуру и свойства хромистых сталей.	158
6.3. Коррозионная стойкость хромистых сталей	167
6.3.1. Коррозия в воде и паре	167
6.3.2. Коррозия в жидкометаллических теплоносителях.	167
6.3.3. Совместимость хромистых сталей с ядерным топливом. . .	170
6.4. Радиационная стойкость хромистых сталей	171

6.4.1. Изменение механических свойств хромистых сталей под облучением	171
6.4.2. Радиационное набухание хромистых сталей	174

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	177
--	------------

ЛИТЕРАТУРА	183
-------------------------	------------