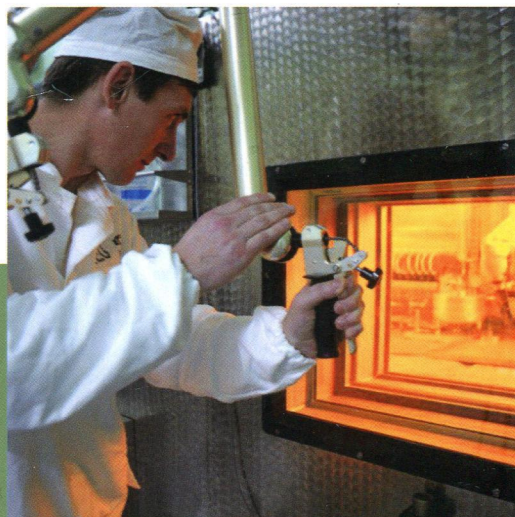


# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТЕНДОВЫЕ УСТАНОВКИ В ТЕХНОЛОГИИ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ



А. Ю. Вахрушин  
И. Д. Трошкина



**А. Ю. ВАХРУШИН,  
И. Д. ТРОШКИНА**

# **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТЕНДОВЫЕ УСТАНОВКИ В ТЕХНОЛОГИИ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Учебное пособие*



**ЛАНЬ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
МОСКВА  
КРАСНОДАР  
2023

УДК 621.039.54

ББК 31.4я73

**В 22** Вахрушин А. Ю. Экспериментальные стендовые установки в технологии радиоактивных и редких элементов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Вахрушин, И. Д. Трошкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 96 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-507-45619-2**

Освещено современное состояние и мировой опыт создания и эксплуатации экспериментальных стендовых установок. Дан обзор элементной базы стендовых установок, включая основное и дополнительное технологическое оборудование, системы дозирования технологических сред, оперативного контроля и аналитического обеспечения процессов, а также принципов построения систем автоматизации и управления стендовыми установками. Приведены отдельные примеры архитектуры экспериментальных установок и результаты стендовых испытаний технологических процессов, проведенных в различных странах.

Предназначается для студентов специальности «Химическая технология материалов современной энергетики». Полезно аспирантам, научным и инженерно-техническим работникам, занимающимся вопросами ядерной энергетики и защиты окружающей среды.

УДК 621.039.54

ББК 31.4я73

**Рецензенты:**

*С. Н. КАЛМЫКОВ* — доктор химических наук, декан химического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, академик РАН;

*К. Э. ГЕРМАН* — доктор химических наук, зав. лабораторией химии технеция Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН.

**Обложка**

*П. И. ПОЛЯКОВА*

© Издательство «Лань», 2023

© А. Ю. Вахрушин, И. Д. Трошкина, 2023

© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	<b>5</b>
<b>1. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ СТЕНДОВЫХ УСТАНОВОК</b> .....	<b>7</b>
1.1. Основное стендовое технологическое оборудование .....	7
1.2. Вспомогательное стендовое технологическое оборудование .....	14
<b>2. ДОЗИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТЕНДОВ</b> .....	<b>17</b>
2.1. Дозирование жидких сред .....	17
2.2. Дозирование газообразных сред .....	19
<b>3. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДАМИ</b> .....	<b>21</b>
3.1. Аналитическое обеспечение стендовых установок .....	21
3.1.1. Методы online-контроля .....	21
3.1.2. Методы inline-контроля .....	23
3.1.3. Методы offline-контроля .....	26
3.2. Автоматизация стендовых установок .....	29
<b>4. ПРИМЕРЫ СТЕНДОВЫХ УСТАНОВОК</b> .....	<b>34</b>
4.1. Технологические стенды специального назначения .....	34
4.1.1. Стенд по проверке технологий переработки отработавшего ядерного топлива быстрых реакторов .....	35
4.1.2. Стенд проверки технологий газофторидной переработки отработавшего ядерного топлива .....	38
4.1.3. Стенд проверки пирохимических технологий переработки отработавшего ядерного топлива .....	40
4.1.4. Стенд проверки технологий изготовления смешанного топлива .....	43
4.1.5. Стенд проверки технологий переработки отработавшего нитридного смешанного топлива .....	44
4.1.6. Стенд проверки технологии разделения и очистки циркония и гафния .....	56
4.1.7. Стенд по отработке технологий получения кремния .....	58
4.1.8. Стенд проверки сорбционной технологии извлечения и концентрирования рения .....	68
4.2. Технологические стенды общего назначения .....	71
4.2.1. Экстракционные стенды .....	71
4.2.2. Стенды жидкостной хроматографии .....	75
4.2.3. Стенды сверхкритической флюидной экстракции .....	76
4.2.4. Стенды мицеллярной экстракции .....	80
4.2.5. Мембранно-экстракционные стенды .....	85
4.2.6. Плазмохимические стенды .....	88
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>93</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	<b>94</b>