

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

Г. Г. Жунь

**КРИОГЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
СИСТЕМЫ ТЕПЛОЗАЩИТЫ,
ВАКУУМИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА**

Учебное пособие

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 2 от 24.12.14 г.

**Харьков
«Водний спектр Джи-Эм-Пи»
2018**

УДК 621.59:536.24(075)
ББК 38.687+ 31.77+ 31Я7
Ж 89

Рецензенты:

С. И. Бондаренко, д-р техн. наук, проф., Физико-технический институт низких температур им. Б. И. Веркина НАН Украины;

В. Б. Юферов, д-р техн. наук, проф., Национальный научный центр «Физико-технический институт» НАН Украины;

М. Г. Хмельнюк, д-р техн. наук, проф., Учебно-исслед. институт холода, криотехнологии и экоэнергетики им. В. С. Мартыновского Одесской национальной академии пищевой промышленности МОН Украины.

Розглянуто питання, пов'язані із теоретичними та експериментальними дослідженнями особливостей багатовимірних процесів тепло- і масопереносу в криогенній теплоізоляції. Розроблені на їх основі конструкції і технології для виготовлення криопристроїв із самим низькотеплопровідним теплозахистом.

Для студентів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу спеціальності «Енергетика».

Жуль Г. Г.

Ж 89 Криогенные энергосберегающие системы теплозащиты, вакуумирования и устройства: учеб. пособ. / Г. Г. Жуль. - Х.: «Водний спектр Джи-Эм-Пи», 2018. - 396 с. - Рос. мовою.

Рассмотрены вопросы, связанные с теоретическими и экспериментальными исследованиями особенностей многомерных процессов тепло- и массопереноса в криогенной теплоизоляции. Разработаны на их основе конструкции и технологии для изготовления криоустройств с самой низкотеплопроводной теплозащитой.

Для студентов, аспирантов, инженерного персонала специальности «Энергетика».

Ил. 128. Табл. 47. Библиогр. 183 наим.

УДК 621.59; 536.24 (075)

ББК 38.637+31.77+31Я7

ISBN 978-617-7445-43-1

© Г. Г. Жуль, 2018

Содержание

Об авторе.....	3
Предисловие.....	6
Введение.....	9
1. Устройство и тепловые испытания криососудов.....	14
1.1. Конструкция и изготовление криососудов.....	14
1.2. Кинетика стабилизации теплового состояния в криоуст- ройствах.....	16
1.3. Определение тепловых характеристик криососудов.....	21
Контрольные вопросы.....	24
2. Теплоперенос в теплозащите криососуда.....	26
2.1. Методики исследования процессов теплообмена в ЭВТИ.....	30
2.2. Многомерность процессов теплопереноса в теплозащите.....	39
2.3. Механизмы теплопереноса в пакетах ЭВТИ.....	52
Контрольные вопросы.....	67
3. Эффективность использования холода паров сжиженных газов в криососудах.....	69
3.1. Методики и устройства для изучения и определения охлаждающего эффекта паров криоагентов.....	70
3.2. Характеристики охлаждающего эффекта различных криоагентов.....	78
Контрольные вопросы.....	100
4. Молекулярный массоперенос в теплозащите криососудов.....	102
4.1. Газодинамические процессы массопереноса в слоях теплоизоляции.....	103
4.1.1. Методики и устройства для изучения процессов массопереноса.....	103
4.1.2. Характеристики массообменных процессов для слоев ЭВТИ.....	108
Контрольные вопросы.....	116
4.2. Десорбционный процесс вакуумирования и	

газоотделения материалов и теплозащиты.....	117
4.2.1. Методики и устройства для изучения процессов вакуумирования.....	120
4.2.2. Особенности десорбционных процессов вакуумирования для материалов и пакетов теплозащиты.....	124
Контрольные вопросы.....	145
4.3. Физико-энергетические параметры процессов вакуумирования и газоотделения материалов теплозащиты.....	147
4.3.1. Методики определения параметров.....	148
4.3.2. Характеристики физико-энергетических параметров.....	149
Контрольные вопросы.....	160
4.4. Диффузионный процесс вакуумирования и газоотделения материалов.....	161
4.4.1. Экспериментальные методики и установки.....	162
4.4.2. Параметры диффузионного процесса вакуумирования теплозащиты.....	163
4.4.3. Диффузионный процесс вакуумирования в среде продувочных газов.....	169
4.4.4. Многолетний диффузионный процесс вакуумирования материалов.....	177
4.4.5. Особенности сопряженного массообменного процесса после прекращения вакуумирования материала.....	183
Контрольные вопросы.....	186
4.5. Развитие и апробация адсорбционно-диффузионной теории процессов вакуумирования и газоотделения материалов.....	187
Контрольные вопросы.....	200
5. Оптимизация конструкций теплозащиты криососуда и технологии машинного изолирования.....	202
5.1. Повышение эффективности тепловых мостов	

	криосуда.....	202
	Контрольные вопросы.....	208
5.2.	Оптимизация процесса термовакuumной дегазации	
	теплозащиты.....	208
	Контрольные вопросы.....	214
5.3.	Совершенствование характеристик вакуумного	
	адсорбционного насоса криосуда.....	215
	5.3.1. Экспериментальные методики и устройства.....	216
	5.3.2. Результаты оптимизации.....	225
	Контрольные вопросы.....	237
5.4.	Факторы, ухудшающие тепловые характеристики	
	криососудов, и способы их устранения.....	239
	Контрольные вопросы.....	255
5.5.	Разработка высокоэффективных композиций для слоев	
	ЭВТИ и оптимизированных технологий машинного	
	изоляции криососудов.....	256
	5.5.1. Опытные методики и устройства.....	259
	5.5.2. Результаты оптимизации машинного	
	изоляции.....	265
	Контрольные вопросы.....	284
5.6.	Оптимизация теплозащиты криососудов.....	285
	Контрольные вопросы.....	295
5.7.	Развитие методики теплового расчета криососудов и ее	
	апробация.....	296
	Контрольные вопросы.....	298
6.	Ускоренные испытания характеристик и надежности	
	конструктивных элементов криососудов.....	300
6.1.	Определение эффективности используемых	
	конструкций адсорбционных вакуумных насосов.....	300
	Контрольные вопросы.....	304
6.2.	Установление ресурса поддержания оптимального	
	вакуума в криососуде.....	304
	Контрольные вопросы.....	310
6.3.	Выявление надежности конструктивных элементов	

криососудов, находящихся под воздействием эксплуатационных нагрузок.....	311
Контрольные вопросы.....	315
7. Разработка энергосберегающих криоустройств и технологий на базе оптимизированных криососудов и многоэкранных систем.....	317
7.1. Модульные криовакуумные устройства и криоадсорберы.....	317
Контрольные вопросы.....	334
7.2. Криоадсорбционный вакуумный насос с многоэкранной очисткой и теплозащитой.....	335
Контрольные вопросы.....	343
7.3. Конденсационно-адсорбционный вакуумный насос-сепаратор.....	343
Контрольные вопросы.....	352
7.4. Применение разработанного конденсационно-адсорбционных вакуумного насоса-сепаратора в термоядерном реакторе.....	353
Контрольные вопросы.....	359
Приложение 1.....	361
Список литературы.....	372
Содержание.....	392