

Теория механизмов и машин. Проектирование элементов и устройств технологических систем электронной техники : учебник для бакалавриата и магистратуры : учебник для вузов / Е. Н. Ивашов [и др.]; под ред. А. С. Сигова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2016. — 369 с. : ил., табл., схемы. — (Авторский учебник).— Библиогр. : с. 321-328.

УДК 621.01(073.8)

ББК 34

Ч/З №1 — 1 экз.

В учебнике рассмотрены общие и специальные вопросы проектирования элементов и устройств технологических систем электронной техники — вакуумных систем оборудования тонкопленочной технологии, вакуумных устройств с бесконтактным магнитным взаимодействием, магнитных и электромагнитных систем вакуумного технологического оборудования, L -координатных исполнительных устройств, устройств на основе волнового движения и вводов движения в вакуум, опорных узлов, различных передаточных механизмов, трибосопряжений с модифицирующими полимерными покрытиями, электростатических крепежных устройств, а также вопросы расчета функциональных систем вакуумного оборудования на привносимый уровень загрязнений, газовыделения и др.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Учебник рассчитан на широкий круг студенческой аудитории, занимающейся изучением оборудования электронной техники, может быть использован инженерно-техническими и научными работниками при конструировании оборудования и приборов для работы в условиях пониженного атмосферного давления и вакуума, а также дестабилизирующего воздействия факторов космического пространства.



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ



ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ

Под редакцией академика РАН **А. С. Сигова**
2-е издание, переработанное и дополненное

*Рекомендовано Учебно-методическим отделом
высшего образования в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим
направлениям и специальностям*

*Допущено Министерством образования и науки РФ в качестве
учебного пособия для студентов машиностроительных
и приборостроительных специальностей и вузов*

Книга доступна в электронной библиотечной системе

Учреждение образования
"Гомельский государственный
технический университет
имени П.О. Суворова"
Москва • Юрайт • 2016 №

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
<i>Глава 1. ЭЛЕМЕНТЫ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ</i>	5
1.1. Механические системы, управляющие молекулярным потоком	6
1.2. Элементы вакуумных систем промышленных установок	8
1.3. Средства защиты технологического объема от продуктов распада рабочих веществ	14
1.4. Выбор параметров откачных средств вакуумной системы	19
<i>Глава 2. РАСЧЕТ ВАКУУМНЫХ УСТРОЙСТВ С БЕСКОНТАКТНЫМ МАГНИТНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ</i>	23
2.1. Пределы применимости методики	23
2.2. Принятая терминология и обозначения	23
2.3. Проектный расчет	24
2.4. Поверочный расчет	27
2.5. Пример расчета вакуумных устройств с бесконтактным магнитным взаимодействием	28
<i>Глава 3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНЫХ СИЛЬФОННЫХ ВВОДОВ ДВИЖЕНИЯ</i>	33
3.1. Пределы применимости методики	33
3.2. Принятая терминология и обозначения	33
3.3. Выбор типоразмера сильфона	36
3.4. Определение напряжений в гофрах сильфона	37
3.5. Расчет долговечности сильфона	41
3.6. Расчет долговечности подшипников качения в атмосферных условиях	42

<i>Глава 4.</i>	РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ВАКУУМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	46
4.1.	Принятая терминология и обозначения	46
4.2.	Проектирование магнитных систем	46
4.3.	Пример расчёта магнитной системы	50
<i>Глава 5.</i>	РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИСТЕМ ВАКУУМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	53
5.1.	Принятая терминология и обозначения	53
5.2.	Проектирование электромагнитных систем	53
5.3.	Расчёт электромагнитной системы	58
<i>Глава 6.</i>	РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА ПРИВНОСИМЫЙ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ	61
6.1.	Пределы применимости методики	61
6.2.	Принятая терминология и обозначения	61
6.3.	Расчет элементов механических систем на привносимый уровень загрязнений	62
6.3.1.	Общие расчетные зависимости	62
6.3.2.	Расчетные зависимости для подшипников скольжения	64
6.3.3.	Расчетные зависимости для шарикоподшипника	65
6.3.4.	Расчетные зависимости для волновой зубчатой передачи	66
6.3.5.	Расчетные зависимости для прямозубой зубчатой передачи	67
6.3.6.	Расчетные зависимости для передачи гибкой связью	68
<i>Глава 7.</i>	РАСЧЕТ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ УЗЛОВ ТРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ В ВАКУУМЕ	69
7.1.	Пределы применимости методики	69
7.2.	Терминология и обозначения	69
7.3.	Расчет газовыделения из узлов трения	70

<i>Глава 8.</i>	РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ ПОД НАГРУЗКОЙ	73
8.1.	Расчет надежности деталей механизмов, работающих под нагрузкой	73
8.1.1.	Общие принципы расчета	73
8.1.2.	Расчет величины фактического напряжения и его среднеквадратичного отклонения	76
8.1.3.	Определение величины предельного напряжения и его среднеквадратичного отклонения	80
<i>Глава 9.</i>	МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ <i>l</i> – КООРДИНАТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	87
9.1.	<i>l</i> – координатные исполнительные устройства в оборудовании производства электронной техники	87
9.2.	<i>l</i> – координатные винтовые исполнительные устройства. Основные расчетные зависимости	111
9.2.1.	Пределы применимости методики	111
9.2.2.	Принятая терминология	111
9.2.3.	Основные расчетные зависимости	112
9.2.4.	Пример расчета	115
<i>Глава 10.</i>	ТРЕНИЕ И ИЗНОС КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВАКУУМЕ	120
10.1.	Твердосмазочные композиционные материалы и методика их исследования	124
10.2.	Триботехнические характеристики твердосмазочных композиционных материалов	128
<i>Глава 11.</i>	УЗЛЫ ТРЕНИЯ С МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ	135
11.1.	Особенности модификации РТИ и их триботехнических испытаний	135
11.2.	Свойства РТИ в узлах трения	138
11.2.1.	Сухое трение	138
11.2.2.	Трение резин в смазке	145

<i>Глава 12.</i>	ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ КРЕПЕЖНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭТ	152
12.1.	Пондеромоторные силы в конденсаторе с диэлектриком	152
12.2.	Электромеханическая модель ЭКУ	157
12.3.	Релаксационные процессы в ЭКУ	160
12.3.1.	Электрическая релаксация	160
12.3.2.	Механическая релаксация	164
12.4.	Динамика пондеромоторных сил в ЭКУ	169
12.4.1.	Процесс установления сил электроадгезии	169
12.4.2.	Быстродействие ЭКУ	174
12.4.3.	Композиционные покрытия в ЭКУ	177
12.5.	ЭКУ в технологической оснастке производства изделий электронной техники	182
12.5.1.	ЭКУ с полупроводящей подложкой	183
12.5.2.	ЭКУ с диэлектрическим покрытием для вакуумного оборудования	186
12.5.3.	ЭКУ на основе электретного эффекта	190

<i>Глава 13.</i>	РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНОВЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	199
13.1.	Пределы применимости методики	199
13.2.	Принятая терминология и обозначения	199
13.3.	Расчет входной мощности волновой передачи	203
13.4.	Выбор типа генератора и гибкого элемента для волновой передачи	204
13.4.1.	Выбор генератора	204
13.4.2.	Выбор гибкого элемента	205
13.5.	Кинематический расчет волновой передачи	207
13.5.1.	Расчет передаточного числа	207
13.5.2.	Определение чисел зубьев	208
13.5.3.	Расчет передаточного числа планетарного генератора волн	210
13.6.	Определение модуля зацепления волновой передачи	211
13.7.	Расчет толщины гибкого элемента	215
13.8.	Геометрический расчет волновой передачи	217
13.8.1.	Расчет гибкого элемента волновой передачи	217
13.8.2.	Расчет жесткого колеса волновой передачи	219

13.9.	Расчет планетарного генератора волн	220
13.9.1.	Прочностной расчет планетарного генератора волн	220
13.9.2.	Геометрический расчет планетарного генератора волн	226
13.10.	Расчет профиля кулачка кулачкового генератора волн	228
13.11.	Расчет основных параметров дискового генератора волн	229
13.12.	Определение номинальной долговечности основных элементов волновой передачи	230
13.12.1.	Расчет долговечности гибкого элемента	230
13.12.2.	Расчет долговечности шарикоподшипников роликового и дискового генераторов волн	233
13.12.3.	Расчет долговечности наружных колец кулачкового и планетарного генераторов волн	236
<i>Глава 14. РАСЧЕТ ЧЕРВЯЧНО-ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ</i>		238
14.1.	Расчет червячно-зубчатого механизма	238
14.1.1.	Определение мощности электродвигателя для червячно-зубчатого механизма	238
14.1.2.	Кинематический расчет механизма	240
14.1.3.	Выбор материалов для зубчатых и червячных пар ...	244
14.1.4.	Выбор допускаемых напряжений	246
14.1.5.	Расчет закрытой зубчатой пары с жидкой смазкой ...	248
14.1.6.	Расчет открытой зубчатой пары или редукторной передачи с пластичной смазкой	251
14.1.7.	Расчет закрытой червячной пары с жидкой смазкой ..	253
14.1.8.	Расчет открытой червячной пары или редукторной передачи с пластичной смазкой	257
14.1.9.	Расчет валов на прочность и жесткость	258
14.1.10.	Выбор радиальных однорядных шарикоподшипников	259
14.1.11.	Определение основных размеров корпусных деталей	263
14.2.	Расчет двухпоточного червячно-зубчатого механизма	264

14.2.1.	Расчет мощности редуктора и выбор электродвигателя двухпоточного червячно-зубчатого механизма	264
14.2.2.	Кинематический расчет	265
14.2.3.	Конструктивный выбор модуля зацепления двухпоточного червячно-зубчатого редуктора	266
14.2.4.	Проверка модуля зацепления червячной пары из условия прочности зубьев на изгиб	267
14.2.5.	Геометрический расчет двухпоточного червячно-зубчатого редуктора	268
14.2.6.	Силовой расчет двухпоточного червячно-зубчатого редуктора	272
14.2.7.	Выбор радиального шарикоподшипника для червячного колеса редуктора	276
14.2.8.	Определение диаметров валиков и штифтов	279
14.2.9.	Расчет времени реверсирования механизма	280
14.2.10.	Определение мертвого хода механизма	282
14.2.11.	Выбор смазки	283

Глава 15. РАСЧЕТ РАДИАЛЬНЫХ ОДНОРЯДНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ, РАБОТАЮЩИХ В ВАКУУМЕ

15.1.	Пример проектного расчета	291
15.2.	Пример проверочного расчета	292

Глава 16. РАСЧЁТ ЗАЗОРОВ В ОПОРАХ КАЧЕНИЯ УСТРОЙСТВ С БЕСКОНТАКТНЫМ МАГНИТНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

16.1.	Пределы применимости методики	294
16.2.	Определение теплового компенсационного зазора	294
16.3.	Расчёт радиальных зазоров в подшипниках качения УБМВ	300

Глава 17. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОСТРУКТУР

17.1.	Основные сведения о молекулярно-лучевой эпитаксии.....	307
17.2.	Сверхвысоковакуумные установки для молекулярно-лучевой эпитаксии	310

ЛИТЕРАТУРА	321
ПРИЛОЖЕНИЯ	329
<i>Приложение 1</i>	
Справочные данные для расчета параметров волновых передач	329
<i>Приложение 2</i>	
Пример расчета. Полный проектный расчет волновой передачи	334
<i>Приложение 3</i>	
Справочные данные для расчета основных параметров сильфонных вводов движения	337
<i>Приложение 4</i>	
Полный расчет вакуумного сильфонного ввода движения	339
<i>Приложение 5</i>	
Справочные данные для расчета элементов механических систем на привносимый уровень загрязнений	341
<i>Приложение 6</i>	
Справочные данные для расчета газовыделения из узлов трения механических систем	345
<i>Приложение 7</i>	
Справочные данные для расчета вероятности безотказной работы механических систем	348
<i>Приложение 8</i>	
Пример полного расчета вероятности безотказной работы детали	351
<i>Приложение 9</i>	
Коэффициенты трения металлов, твердосмазочных покрытий и антифрикционных материалов в атмосфере и вакууме	357
СОДЕРЖАНИЕ	363