

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

Г.Ф. Прокофьев, проф., д-р техн. наук;
Н.И. Дундин, доц., канд. техн. наук;
Н.Ю. Микловцик, доц., канд. техн. наук

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Учебное пособие для вузов

*Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов
высшего профессионального образования (бакалавров) нема-
шиностроительных профилей по направлению подготовки
151000 «Технологические машины и оборудование» и 190600
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и ком-
плексов» по дисциплине «Детали машин и основы конструиро-
вания».*

Регистрационный номер рецензии № 2031 от 13.02.2012.

Архангельск



ИД САФУ

2014

УДК 621.82
ББК 34.42
П 80

Рецензенты:

В.И. Мелехов, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой
древесиноведения и тепловой обработки древесины лесотехнического института
Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова;

И.Ю. Королев, канд. техн. наук, доцент кафедры строительной механики и
сопротивления материалов института строительства и архитектуры Северного
(Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова

Прокофьев Г.Ф.

П 80 Конструирование приводов технологических машин: учебное пособие
для вузов / Г.Ф. Прокофьев, Н.И. Дундин, Н.Ю. Микловщик. – 2-е изд.,
испр. и доп. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 504 с.
ISBN 978-5-261-00857-6

В пособии приведены основные сведения о механических передачах, валах и осях, муфтах, шпоночных и шлицевых соединениях. Даны рекомендации по выбору электродвигателей и монтажу приводов машин. Изложены методы расчета передач и правила конструирования и изготовления зубчатых и червячных колес, червяков, шкивов, звездочек, валов. Приведены необходимые справочные материалы для подбора подшипников качения, шпонок и муфт.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Детали машин и основы конструирования», «Механика» и «Прикладная механика».

УДК 621.8
ББК 34.42

ISBN 978-5-261-00857-6

© Прокофьев Г.Ф., Дундин Н.И.,
Микловщик Н.Ю., 2014
© Северный (Арктический) федеральный
университет им. М.В. Ломоносова, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Перед отечественной промышленностью стоит задача перехода на интенсивный путь развития – производство в возрастающих объемах продукции высокого потребительского качества при минимальных затратах сырья, энергии, материалов и человеческих ресурсов. Реализация этого направления невозможна без создания новой высокоэффективной техники – техники новых поколений.

Для снижения себестоимости продукции машиностроения должны быть выполнены следующие требования: стандартизация, унификация, преемственность, снижение металлоемкости и энергозатрат, технологичность конструкции, удобство транспортирования и сохраняемость готового изделия.

Выпускаемая продукция должна иметь высокие потребительские свойства, обеспечивать её спрос, а именно: приемлемую цену, высокий экономический эффект и малый срок окупаемости, низкие энергозатраты при эксплуатации, надёжность, эргономичность, безопасность, эстетичность.

Центральное место при создании новой техники отводится конструированию. Конструктор должен знать технологию производства, способы обработки деталей, методы контроля; уметь выполнять расчеты для нахождения оптимальных технических решений; иметь навыки разработки конструкторской документации, полностью отвечающей требованиям производства. Результатом конструкторской работы является разработка рабочей документации создаваемого изделия, в которой центральное место занимают сборочные чертежи, рабочие чертежи деталей и спецификации.

Несмотря на огромное разнообразие выпускаемых машин в них имеется большое количество схожих по конструкции и назначению деталей, сборочных единиц, соединений, передач: крепежные детали (болты, винты, шпильки, гайки и др.), валы и оси, опоры валов и осей (подшипники скольжения и качения), соединения (резьбовые, шпоночные, шлицевые, сварные, заклепочные и др.), передачи (зубчатые, червячные ременные, цепные и др.). Для их применения при создании новой техники можно использовать разработанные методы анализа вариантов, расчетов и проектирования.

Применение однотипных стандартизованных и унифицированных элементов значительно ускоряет и удешевляет проектирование новой техники.

В курсе «Детали машин и основы конструирования» студентами изучаются детали, сборочные единицы, передачи и соединения общего назначения. Объектами курсового проектирования обычно служат приводы различных машин и механизмов, в которых используется большое количество элементов общемашиностроительного применения.

Курсовой проект по деталям машин выполняется на заключительной стадии общетехнического цикла подготовки студентов. При выполнении этой творческой самостоятельной работы студенты должны использовать знания следующих дисциплин: математики, сопротивления материалов, технологии металлов, взаимозаменяемости, теории механизмов и машин.

Авторы на основании обобщения материалов, приведенных в разных литературных источниках и стандартах, а также учитывая собственный опыт работы по созданию новой техники и преподавания курса «Детали машин и основы конструирования», приводят в данном пособии основные сведения, необходимые как для получения теоретических знаний, так и для выполнения расчетно-графических работ курсового проекта по дисциплине «Детали машин и основы конструирования».

В пособии рассмотрены назначение и структура приводов машин, зубчатые, червячные, ременные и цепные передачи, валы и оси, муфты, шпоночные и шлицевые соединения, подшипники скольжения и качения, смазка и смазочные устройства, уплотнения, монтаж приводов машин. Уделено внимание конструкции, классификации, области применения, кинематическим и силовым расчетам, методам изготовления, правилам подбора и методам конструирования с выполнением сборочных и рабочих чертежей в соответствии с действующими стандартами.

Авторы надеются, что учебное пособие будет полезно для студентов технических специальностей всех форм обучения.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение.....	3
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИВОДАХ МАШИН	5
1.1. Характеристика асинхронных электродвигателей, применяемых в приводах машин.....	5
1.2. Механические передачи.....	13
1.3. Основные кинематические и энергетические характеристики передач.....	22
1.4. Пример выбора электродвигателя и определения кинематических и энергетических характеристик привода ленточного конвейера.....	24
1.4.1. Выбор электродвигателя.....	25
1.4.2. Определение кинематических и энергетических характеристик привода.....	25
2.РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ	28
2.1. Основные сведения	28
2.2. Конструкция, параметры и материалы ремней	30
2.2.1. Плоские ремни.....	30
2.2.2. Клиновые ремни.....	32
2.2.3. Поликлиновые ремни.....	35
2.3. Основные геометрические соотношения ременных передач.....	36
2.4. Силы в ременной передаче и напряжения в ремне	38
2.5. Тяговая способность ременных передач и долговечность ремней.....	42
2.6. Порядок расчета плоскоременной передачи	44
2.7. Порядок расчета клиноременной и поликлиноременной передач.....	49
2.8. Конструирование шкивов	57
2.8.1. Материал для изготовления шкивов.....	57
2.8.2. Обод шкива плоскоременной передачи.....	57
2.8.3. Обод шкивов клиноременной и поликлиноременной передач....	59
2.8.4. Диск.....	62
2.8.5. Спицы.....	62
2.8.6. Ступица.....	62
2.8.7. Допуски и посадки.....	64
2.8.8. Шероховатость поверхностей.....	64
2.8.9. Допуск формы и расположения поверхности.....	64
3. ЗУБЧАТОРЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ	72
3.1. Основные сведения	72
3.2. Конструкция, параметры и материалы зубчатых ремней	73
3.3. Порядок расчета зубчатоременной передачи	73
4. ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ	78
4.1. Основные сведения	78
4.2. Конструкции и параметры приводных цепей	79
4.3. Порядок расчета цепной передачи с роликовой приводной цепью.....	93
4.4. Порядок расчета цепной передачи с зубчатой приводной цепью.....	96
4.5. Конструирование звездочек	99

4.5.1. Выбор материала звездочек.....	99
4.5.2. Обод звездочек роликовых и втулочных цепей.....	100
4.5.3. Диск звездочек.....	105
4.5.4. Ступица.....	107
4.5.5. Допуски и посадки.....	107
4.5.6. Шероховатость поверхностей.....	109
4.5.7. Допуски форм и расположения поверхностей.....	111
5. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕДАЧ С ГИБКОЙ СВЯЗЬЮ	116
5.1. Монтаж и эксплуатация ременных передач	116
5.2. Монтаж и эксплуатация цепных передач	123
5.3. Смазывание цепных передач.....	126
6. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ	128
6.1. Основные сведения	128
6.1.1. Цилиндрическая прямозубая передача	131
6.1.2. Цилиндрическая косозубая передача	134
6.1.3. Цилиндрическая шевронная передача	135
6.1.4. Коническая зубчатая передача	136
6.2. Расчет зубчатых передач	140
6.2.1. Виды разрушения зубьев	140
6.2.2. Выбор материала зубчатых колес, термообработки и твердости.....	143
6.2.3. Определение числа циклов нагружения зубьев.....	143
6.2.4. Определение допускаемых напряжений	147
6.2.5. Порядок расчета закрытой цилиндрической зубчатой передачи.....	149
6.2.6. Порядок расчета открытой цилиндрической зубчатой передачи.....	155
6.2.7. Порядок расчета закрытой конической прямозубой зубчатой передачи.....	158
6.2.8. Порядок расчета открытой конической прямозубой зубчатой передачи	163
6.3. Конструирование зубчатых колес	167
6.3.1. Конструирование цилиндрических зубчатых колес	167
6.3.2. Конструирование конических зубчатых колес	176
6.4. Изготовление зубчатых колес	190
7. ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ	196
7.1. Основные сведения	196
7.1.1. Особенности передач и классификация	196
7.1.2. Параметры червячной передачи	200
7.1.3. Параметры червяка	205
7.1.4. Параметры червячного колеса	206
7.2. Расчет червячных передач	207
7.2.1. Виды разрушения зубьев червячных колес	207
7.2.2. Материалы червячной пары (передачи)	207
7.2.3. Определение допускаемых напряжений	209
7.2.4. Порядок расчета закрытой червячной передачи	210
7.3. Конструирование червячных колес и червяков	215
7.3.1. Конструирование червячных колес	215
7.3.2. Конструирование червяков	222
8. СМАЗЫВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ В РЕДУКТОРАХ	228

9. ВАЛЫ И ОСИ.....	236
9.1. Основные сведения	236
9.1.1. Конструктивные элементы валов и осей.....	238
9.1.2. Материалы валов и осей.....	241
9.2. Проектный расчет вала.....	242
9.2.1. Критерии работоспособности.....	242
9.2.2. Ориентировочный расчет.....	243
9.2.3. Приближенный расчет.....	244
9.2.4. Предварительная компоновка редуктора.....	245
9.2.5. Определение эквивалентных моментов и расчет диаметров вала.....	248
9.2.6. Пример приближенного расчета вала	249
9.3. Конструирование валов	253
9.3.1. Размеры конструктивных элементов валов	253
9.3.2. Допуски и посадки	258
9.3.3. Шероховатость поверхностей	259
9.3.4. Допуски формы и расположения поверхностей валов.....	259
9.4. Проверочные расчеты валов.....	265
9.4.1. Проверочный расчёт на усталостную прочность.....	265
9.4.2. Проверочный расчёт на жесткость.....	269
9.4.3. Проверочный расчёт на виброустойчивость.....	270
10. ПОДШИПНИКИ.....	271
10.1. Подшипники скольжения.....	271
10.1.1. Основные сведения.....	271
10.1.2. Материалы вкладышей.....	277
10.1.3. Виды трения и расчет подшипников скольжения	281
10.2. Опоры скольжения с газовой смазкой	286
10.2.1. Свойства газов и особенности опор с газовой смазкой	286
10.2.2. Газодинамические опоры.....	291
10.2.3. Газостатические опоры.....	296
10.3. Подшипники качения.....	305
10.3.1. Общие сведения	305
10.3.2. Основные типы подшипников качения.....	311
10.3.3. Подбор подшипников качения.....	326
10.4. Смазка подшипников.....	356
10.5. Установка подшипников качения и рекомендации по их эксплуатации..	367
10.5.1. Посадки подшипников качения	367
10.5.2. Способы установки подшипников качения на валах и в корпусах	377
10.5.3. Допуски расположения посадочных поверхностей вала и корпуса в подшипниковых узлах (по ГОСТ 3325–85).....	379
10.5.4. Рекомендации по монтажу, демонтажу и эксплуатации подшипников качения.....	383
10.6. Крышки подшипников и уплотнения.....	391
10.6.1. Конструирование крышек подшипников.....	391
10.6.2. Уплотнения подшипниковых узлов.....	398
10.7. Применение стаканов в подшипниковых узлах.....	405

11. МУФТЫ.....	414
11.1. Нерасцепляемые муфты	414
11.1.1. Жесткие муфты	414
11.1.2. Компенсирующие муфты	426
11.1.3. Упругие муфты	436
11.2. Управляемые (сцепные) муфты.....	443
11.2.1. Зубчатые и кулачковые управляемые муфты	443
11.2.2. Фрикционные управляемые муфты	445
11.3. Самодействующие муфты	447
11.3.1. Обгонные муфты	447
11.3.2. Центробежные муфты	449
11.3.3. Предохранительные муфты	451
11.4. Выбор муфт и установка их на валах	455
12. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	458
12.1. Соединения призматическими шпонками	458
12.2. Соединения сегментными шпонками	462
12.3. Соединения клиновыми шпонками	464
12.4. Соединения тангенциальными шпонками	466
13. ШЛИЦЕВЫЕ ЗУБЧАТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	469
13.1. Шлицевые прямобоочные соединения.....	470
13.2. Шлицевые эвольвентные соединения	474
13.3. Расчет шлицевых соединений на прочность.....	478
14. УСТАНОВКА ПРИВОДОВ МАШИН.....	480
14.1. Конструирование рам	480
14.2. Конструирование плит.....	492
14.3. Крепление рам и плит к полу.....	495
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	499

Подписано в печать 12.02.2014. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 29,3. Тираж 100 экз. Заказ № 1682.

Издательский дом ФГАОУ ВПО САФУ
163060, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 56