

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

# **ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

*Учебное пособие*

Архангельск  
САФУ  
2018

УДК 621.8 (075)

ББК 34.42я73

Д 38

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом  
Северного (Арктического) федерального университета  
имени М.В. Ломоносова

Рецензенты:

*Е.О. Орленко*, кандидат техн. наук, эксперт ООО ИКЦ «Паритет»;

*И.О. Думанский*, кандидат технических наук, доцент  
кафедры технического инжиниринга САФУ

Детали машин и основы конструирования [Электронный ресурс]:  
Д 38 учебное пособие / Г.Ф. Прокофьев, Н.Ю. Микловцик, М.Ю. Кабакова,  
Т.В. Цветкова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Электронные текстовые  
данные – Архангельск: САФУ, 2018. – 194 с.

ISBN 978-5-261-01309-9

Рассмотрены основы конструирования машин, механические передачи,  
валы и оси, подшипники, муфты, соединения деталей машин.

Пособие предназначено для студентов всех направлений подготовки,  
изучающих дисциплины: «Детали машин и основы конструирования»,  
«Прикладная механика», «Механика» и «Теоретическая и прикладная меха-  
ника».

УДК 621.8 (075)

ББК 34.42я73

Издательский дом им. В.Н. Булатова САФУ  
163060, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 56

ISBN 978-5-261-01309-9

© Северный (Арктический) федеральный  
университет им. М.В. Ломоносова, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
ТЕМА 1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СОЗДАВАЕМЫМ ИЗДЕЛИЯМ.....	8
Интересы производителя изделия.....	8
Требования потребителя изделия .....	12
ТЕМА 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ И ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ .....	17
ТЕМА 3. СТАДИИ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ИЗДЕЛИЙ .....	21
Техническое предложение .....	21
Эскизный проект.....	22
Технический проект .....	23
Рабочая документация.....	24
ТЕМА 4. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН .....	26
ТЕМА 5. ВИДЫ НАГРУЗОК И КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	32
ТЕМА 6. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧАХ .....	36
ТЕМА 7. РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ .....	41
Основные сведения.....	41
Конструкция, параметры и материалы ремней .....	42
Основные геометрические соотношения ременных передач.....	45
Силы в ременной передаче и напряжения в ремне .....	46
Критерии работоспособности ременных передач .....	48
Конструирование шкивов .....	48
ТЕМА 8. ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	53
Основные сведения.....	53
Конструкции и параметры приводных цепей .....	54
Критерии работоспособности цепных передач .....	55
Расчет цепной передачи с роликовой приводной цепью.....	55
Конструирование звёздочек .....	58
ТЕМА 9. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	63
Основные сведения.....	63
Цилиндрическая прямозубая передача.....	64
Цилиндрическая косозубая передача .....	67

Цилиндрическая шевронная передача.....	68
Коническая зубчатая передача .....	69
Критерии работоспособности и расчёт зубчатых передач.....	71
ТЕМА 10. ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	81
Особенности передачи и классификация .....	81
Параметры червячной передачи.....	84
Расчет червячных передач .....	88
ТЕМА 11. ВАЛЫ И ОСИ.....	95
Основные сведения о валах и осях .....	95
Конструктивные элементы валов и осей.....	96
Материалы валов и осей .....	97
Критерии работоспособности валов .....	97
Ориентировочный расчет вала .....	98
Приближенный расчет вала.....	99
Проверочный расчёт валов на усталостную прочность .....	100
Проверочный расчёт валов на жесткость.....	102
Проверочный расчёт валов на виброустойчивость.....	103
ТЕМА 12. ПОДШИПНИКИ .....	104
Подшипники скольжения .....	104
Подшипники качения .....	107
ТЕМА 13. МУФТЫ .....	117
Нерасцепляемые муфты.....	118
Управляемые муфты .....	121
Самодействующие муфты .....	123
Выбор муфт .....	126
ТЕМА 14. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	128
Общие сведения .....	128
Геометрические параметры резьбы .....	128
Виды резьбовых соединений.....	129
Классификация резьб .....	129
Силовые соотношения, условие самоторможения и КПД винтовой пары.....	132
Расчет резьбовых соединений на прочность .....	132
ТЕМА 15. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	137
Соединения призматическими шпонками .....	137
Соединения сегментными шпонками .....	139
Соединение клиновыми шпонками .....	140
Соединения тангенциальными шпонками .....	141

ТЕМА 16. ШЛИЦЕВЫЕ (ЗУБЧАТЫЕ) СОЕДИНЕНИЯ .....	143
Шлицевые соединения с треугольным профилем.....	144
Шлицевые прямобоочные соединения .....	144
Шлицевые эвольвентные соединения .....	145
Расчет шлицевых соединений на прочность.....	145
ТЕМА 17. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	147
Общие сведения .....	147
Виды сварных соединений и швов .....	148
Расчет стыковых швов .....	150
Расчет угловых швов .....	151
ТЕМА 18. ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	153
Общие сведения .....	153
Основные типы и материал заклепок .....	154
Расчет заклепочных соединений на прочность .....	156
ТЕМА 19. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОСАДКОЙ С НАТЯГОМ...	157
Общие сведения .....	157
Расчет на прочность соединений с натягом.....	158
Подбор стандартной посадки .....	161
ТЕМА 20. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК НА ЧЕРТЕЖАХ.....	165
ПРИЛОЖЕНИЯ. Плакаты 1 – 25 .....	169
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	194



## ВВЕДЕНИЕ

В условиях современной экономической ситуации необходимы мероприятия, направленные на усиление национальных конкурентных преимуществ и потенциала отечественных промышленных предприятий. Реализация этих мероприятий невозможна без создания новой высокоэффективной техники – техники новых поколений и рациональной её эксплуатации.

Современный инженер, помимо своих специальных знаний, должен обладать знаниями и в других областях: в области экономики и управления производством, управления качеством, в области управления и автоматизации технологических процессов. В условиях, когда знания быстро устаревают, специалисты должны постоянно повышать свою квалификацию.

Одно из центральных мест при создании новой техники отводится конструированию. Инженер-конструктор должен знать технологию производства, способы обработки деталей, методы контроля; уметь выполнять расчёты для нахождения оптимальных технических решений; иметь навыки разработки конструкторской документации, полностью отвечающей требованиям производства.

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 другие), валы и оси, опоры валов и осей (подшипники скольжения и качения), соединения (резьбовые, шпоночные, шлицевые, сварные, заклепочные и другие), передачи (зубчатые, червячные ремённые, цепные и другие). Применение однотипных стандартизованных и унифицированных элементов значительно ускоряет и удешевляет проектирование новой техники.

В курсе «Детали машин и основы конструирования», а также в дисциплинах «Механика» и «Прикладная механика» студентами изучаются

детали, сборочные единицы, механические передачи и соединения деталей машин общего назначения.

Авторы на основании обобщения материалов, приведенных в разных литературных источниках и стандартах, а также учитывая собственный опыт работы по созданию новой техники и преподавания дисциплин, приводят в данном учебном пособии основные сведения, необходимые как для получения теоретических знаний, так и для выполнения расчётно-графических работ, курсовых проектов и курсовых работ по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Прикладная механика», «Механика» и «Теоретическая и прикладная механика».

В работе 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 расчётам, 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 направлений подготовки и специальностей всех форм обучения.