

В

ДЛЯ ВУЗОВ

Д.В. Чернилевский

ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Издание 3-е, стереотипное

*Допущено Министерством образования
Российской Федерации в качестве учеб-
ника для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению
подготовки дипломированных специа-
листов "Агроинженерия"*

МОСКВА

«ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

2022

УДК 621.81
ББК 34.42
Ч-49

Р е ц е н з е н т ы:

заслуженный деятель науки, д-р техн. наук, профессор *М.Н. Ерохин*;
д-р пед. наук, профессор *В.Б. Моисеев*

Чернилевский Д.В.

Ч-49 Детали машин и основы конструирования: учебник для вузов.
3-е изд., стереотип. М.: Инновационное машиностроение, 2022.
672 с.: ил.

ISBN 978-5-907104-95-2

Приведены основы теории и расчета деталей машин; методология и методика проектирования механических приводов технологического оборудования агропромышленного комплекса и пищевой промышленности. Методика выполнения расчетов и конструирования в объеме учебных технических заданий снабжена справочными материалами и иллюстрациями. Даны примеры проектирования механических приводов, включающих цилиндрические, конические, планетарные, волновые и червячные редукторы, открытые зубчатые, ременные и цепные передачи; основные принципы подбора подшипников качения и муфт, а также рекомендации по оформлению конструкторской документации и защите курсового проекта (расчетно-графической работы).

Для студентов вузов, обучающихся по общемашиностроительному направлению.

УДК 621.81
ББК 34.42

ISBN 978-5-907104-95-2

© ООО "Издательство "Инновационное
машиностроение", 2022
© Чернилевский Д.В., 2022

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов,
опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства
и со ссылкой на источник информации



Дмитрий Владимирович Чернилевский — доктор педагогических наук, профессор по кафедре машиноведения и деталей машин, автор более 50 научно-учебных изданий, имеющих соответствующий гриф, и множества научно-публицистических работ, общее количество которых превышает 400 наименований. Изданные книги на русском, украинском, английском, латвийском языках с 1973 г. выполняют свою дидактическую функцию в широкой студенческой аудитории, обучающейся по направлениям "Общеинженерная подготовка", "Профессиональная педагогика".

Предлагаемое издание является основополагающим элементом учебного комплекса интеграционной дисциплины "Техническая механика" в 4-х книгах: "Теоретическая механика", "Сопrotивление материалов", "Основы теории машин и механизмов", "Детали машин и основы проектирования". Предыдущие издания автора "Детали машин и механизмов. Курсовое проектирование" (1987 г.), "Основы проектирования машин" (1998 г.) и "Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования" (2001, 2004 гг.), "Детали машин и основы конструирования" (2006 г.) в связи с высоким читательским спросом были быстро раскуплены, что и послужило основанием для настоящего второго переработанного и дополненного издания учебника "Детали машин и основы конструирования".

Основное назначение данного учебника – оказать помощь студентам и начинающим преподавателям при овладении ими основ методологии конструирования деталей, узлов и приводов технологического оборудования общемашиностроительного применения.

Оглавление

| | |
|--|-----|
| Предисловие | 7 |
| Глава 1. Основные положения проектирования машин | 9 |
| 1.1. Ключевая информация | 9 |
| 1.2. Основные показатели машин | 12 |
| 1.3. Общие требования к современным машинам, их деталям и сборочным единицам | 15 |
| 1.4. Критерии работоспособности и расчета деталей машин .. | 17 |
| 1.5. Стадии и основные принципы проектирования | 21 |
| Глава 2. Методология проектирования машин | 27 |
| 2.1. Основные принципы конструирования | 27 |
| 2.2. Технологичность проектируемых изделий | 37 |
| 2.3. Красота и удобство. Эргономика | 42 |
| 2.4. Принципы инновационного проектирования | 47 |
| 2.5. Современные методы оптимального проектирования на основе САПР | 53 |
| 2.6. Техническая система и принципы ее создания | 57 |
| Глава 3. Электромеханические приводы технологических машин | 68 |
| 3.1. Механика машин и механизмов | 68 |
| 3.2. Технологическое оборудование агропромышленного ком- плекса | 70 |
| 3.3. Технологическое оборудование пищевой промышлен- ности | 73 |
| 3.4. Механический электропривод | 75 |
| 3.4.1. Общие сведения | 75 |
| 3.4.2. Кинематические и силовые соотношения в передачах | 77 |
| 3.4.3. Выбор электродвигателя переменного тока и влияние его механической характеристики на оценку эффективности привода | 83 |
| 3.5. Редукторы, мотор-редукторы и вариаторы | 89 |
| Глава 4. Зубчатые передачи | 111 |
| 4.1. Общие сведения | 111 |
| 4.2. Основные элементы и характеристики эвольвентного зацепления | 117 |
| 4.3. Работоспособность и виды повреждения зубчатых передач | 123 |
| 4.4. Материалы зубчатых колес. Способы упрочнения зубьев | 125 |
| 4.5. Определение допустимых напряжений | 131 |
| 4.6. Коэффициенты нагрузки. Точность зубчатых передач ... | 134 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 4.7. | Расчет цилиндрических зубчатых передач | 140 |
| 4.8. | Расчет конических зубчатых передач | 147 |
| 4.9. | Расчет цилиндрических зубчатых передач Новикова. | 154 |
| 4.10. | Расчет планетарных передач | 158 |
| 4.11. | Проектирование зубчатых волновых передач | 167 |
| 4.11.1. | Общие сведения | 167 |
| 4.11.2. | Проектировочный расчет волновых передач | 173 |
| 4.11.3. | Проверочный расчет. | 183 |
| Глава 5. | Передача винт–гайка. Червячные передачи. | 196 |
| 5.1. | Общие сведения о передаче винт–гайка | 196 |
| 5.2. | Расчет передач винт–гайка скольжения. | 202 |
| 5.3. | Червячные передачи | 206 |
| 5.4. | Основные параметры червячной передачи | 209 |
| 5.5. | Скорость скольжения. КПД. Силы в зацеплении | 212 |
| 5.6. | Расчет червячных передач | 217 |
| Глава 6. | Передачи с гибкой связью | 230 |
| 6.1. | Общие сведения о ременных передачах | 230 |
| 6.2. | Расчет плоскоремной передачи | 239 |
| 6.3. | Расчет клиноремных и поликлиноремных передач | 249 |
| 6.4. | Расчет зубчато-ременной передачи | 261 |
| 6.5. | Общие сведения о цепных передачах. | 268 |
| 6.6. | Проектирование цепных передач. | 275 |
| 6.6.1. | Расчет втулочно-роликовых передач | 275 |
| 6.6.2. | Расчет передач с зубчатыми цепями | 287 |
| Глава 7. | Эскизное проектирование деталей передач | 295 |
| 7.1. | Общие сведения | 295 |
| 7.2. | Проектный расчет и конструирование валов | 296 |
| 7.3. | Проектирование соединений вал–ступица | 307 |
| 7.4. | Конструирование валов, червяков, зубчатых и червячных колес, водил | 319 |
| Глава 8. | Подбор подшипников качения | 328 |
| 8.1. | Общие сведения | 328 |
| 8.2. | Основные принципы подбора подшипников качения. | 331 |
| 8.3. | Особенности подбора радиально-упорных подшипников | 338 |
| 8.4. | Общие положения по реконструированию опор. | 347 |
| 8.5. | Посадки подшипников качения | 365 |
| 8.6. | Способы регулирования подшипников и осевого положения колес | 369 |
| 8.7. | Первый этап эскизной компоновки редуктора | 372 |
| 8.8. | Второй этап эскизной компоновки редуктора. Уточненный расчет валов. | 378 |
| 8.9. | Конструирование крышек подшипниковых узлов. Уплотнения | 388 |

| | |
|---|------------|
| 8.10. Конструирование корпусов | 396 |
| 8.11. Смазочные системы и устройства | 405 |
| Глава 9. Соединение деталей и узлов машин. Муфты | 418 |
| 9.1. Характеристика соединений | 418 |
| 9.2. Жесткость резьбовых соединений | 423 |
| 9.3. Муфты | 427 |
| 9.4. Характеристика некоторых видов муфт | 431 |
| Глава 10. Завершающий этап работы над курсовым проектом | 443 |
| 10.1. Компонентная схема привода | 443 |
| 10.2. Оформление конструкторской документации курсового проекта | 444 |
| 10.2.1. Содержание и оформление пояснительной записки | 445 |
| 10.2.2. Оформление графической части проекта | 453 |
| 10.2.3. Нанесение размеров, обозначение шерохова- тости и предельных отклонений. Текстовая часть чертежей | 461 |
| 10.2.4. Обозначение конструкторской документации | 475 |
| 10.2.5. Складывание чертежей | 480 |
| 10.3. Сравнительная оценка технического уровня спроектированного редуктора | 480 |
| 10.4. Организация курсового проектирования. Защита проекта | 483 |
| Глава 11. Примеры проектирования приводов | 489 |
| 11.1. Техническое задание 1. Привод с цилиндрическим редуктором | 489 |
| 11.2. Техническое задание 2. Привод с коническим редук- тором | 531 |
| 11.3. Техническое задание 3. Привод с червячным редук- тором | 568 |
| 11.4. Техническое задание 4. Привод с планетарным редук- тором и зубчато-ременной передачей | 602 |
| Приложения | 636 |
| Список литературы | 668 |

Предисловие

Содержание учебника соответствует программе курса "Детали машин и основы конструирования" направлений подготовки дипломированных специалистов "Пищевая инженерия" и "Технология продовольственных продуктов специального назначения". При этом за основу приняты учебные издания автора "Основы проектирования машин" (М.: Учебная литература, 1998); "Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования" (М.: Машиностроение, 2001, 2002, 2003, 2004 гг. издания); "Детали машин и основы конструирования" (М.: Машиностроение, 2006).

Курс деталей машин и основ конструирования состоит из трех разделов: механические передачи; детали и узлы передач; детали и узлы, обеспечивающие соединения.

В этом учебнике предпочтение отдано основам проектирования передаточных механизмов.

Учебник содержит как общетеоретические положения, так и конкретные инженерные решения, обобщающие результаты теоретического анализа и практики проектирования машин. Реализация поставленной задачи и развивающая функция дидактического процесса рассматриваются на конкретных объектах – технологических машинах агропромышленного комплекса и пищевых производств. Это, во-первых, способствует мотивации изучения названной дисциплины, во-вторых, закрепляет в сознании студентов *прикладную направленность* знаний при изучении ими профессиональных предметов.

С этой целью в главе 3 дана информация о технологическом оборудовании агропромышленного комплекса и пищевой промышленности. В других главах книги изложены методики выполнения инженерных расчетов и основы проектирования деталей и узлов машин общемашиностроительного применения. Такое содержание обеспечивает обучение студентов механико-технологических направлений основам проектно-конструкторской подготовки в следующих аспектах: теоретические основы и инженерные методы, расчет деталей и узлов машин, основные правила конструирования и оформления конструкторской документации.

Принятый подход обусловлен тем, что в комплексной цепочке "наука–техника–производство" ключевым звеном является инженерно-конструкторская служба. Курс деталей машин считается школой проектирования, в которой студенты должны овладевать умениями и навыками конструирования. Но одно дело – назвать курс школой проектирования, и совсем другое – создать условия для выполнения возложенных на него задач.

В качестве объекта закрепления теории вопроса проектирования и навыков решения комплексных инженерно-технических задач принят привод. Студенты выполняют кинематические расчеты, определяют силы,

действующие на детали и звенья сборочных единиц, рассчитывают детали на прочность и жесткость, решают задачи, связанные с выбором материалов и наиболее технологичных форм деталей, освещают вопросы сборки и разборки отдельных сборочных единиц и привода в целом. Они знакомятся с действующими стандартами и нормативными материалами, со справочной литературой, приобретают навыки пользования ими при выборе конструкций и размеров деталей, а также при выполнении рабочей конструкторской документации: пояснительной записки, габаритных, сборочных и рабочих чертежей. Знания и опыт, приобретенные студентами при выполнении курсового проекта по деталям машин, – это база для выполнения последующих курсовых проектов по специальным дисциплинам и дипломному проектированию.

Материал учебника размещен в последовательности, соответствующей порядку работы студента над проектом. Терминология и обозначения параметров и единиц величин соответствуют стандартам. В книге не ставилась цель дать подробную разработку чертежей механизмов и отдельных схем; предполагалось, что для этого студенты должны пользоваться атласами конструкций деталей машин. По этой же причине справочные сведения из стандартов приведены в сокращенном объеме.

Профессор Д.В. Чернилевский