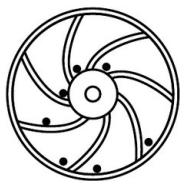
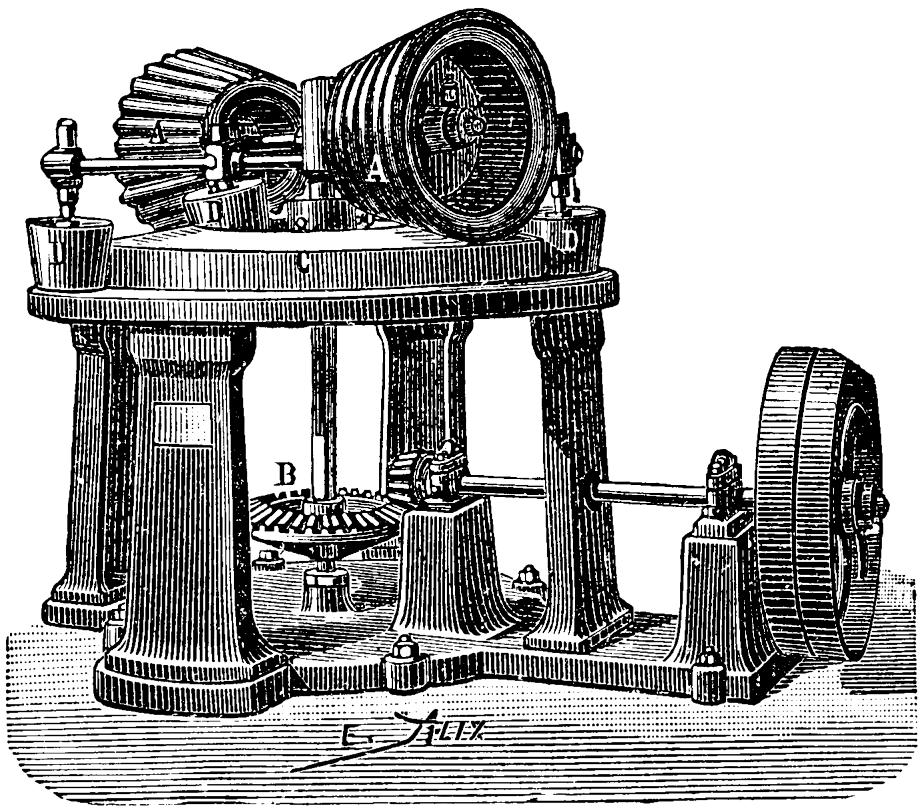


TERRA MECHANICA





П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов

КОНСТРУИРОВАНИЕ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Под редакцией О.А. Ряховского

*Учебное пособие для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по машиностроительным направлениям подготовки*

13-е издание, исправленное и дополненное



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н. Э. Баумана

2017

УДК 621.81.001.66(075.8)

ББК 34.42я73

Д83

Дунаев, П. Ф.

Д83

Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов : под ред. О. А. Ряховского — 13-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 564, [4] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-4688-9

Изложены основные принципы конструирования узлов и деталей машин, расчеты, позволяющие определить необходимые размеры узлов и деталей машин общемашиностроительного применения. Рекомендации по конструированию и монтажу сопровождаются анализом условий работы деталей в машинах. Рассмотрены современные лазерные приборы, разработанные фирмой SKF (Швеция), для точного измерения расцентровок валов соединяемых узлов в машинах и для выверки положения шкивов клиноременных передач. Описаны конструкция и методика подбора универсальной подводимой опоры, допускающей погрешности взаимного положения корпусов вдоль оси, нормальной к поверхности контакта и углового взаимного смещения соединяемых поверхностей. Приведены методические указания к выполнению чертежей типовых деталей машин и сборочных единиц, правила оформления учебной конструкторской документации. Представлены анализ результатов расчета передач на ЭВМ и рекомендации по выбору оптимального варианта для конструктивной проработки; учтены некоторые изменения в методиках расчетов передач, подшипников качения, конструирования корпусных деталей и др.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по машиностроительным направлениям подготовки специалистов, а также преподавателей и работников конструкторских бюро предприятий.

УДК 621.81.001.66(075.8)

ББК 34.42я73



Все права защищены. Никакая часть данного издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку Издательства обеспечивает Адвокатское бюро «Сергей Москаленко и партнеры».

ISBN 978-5-7038-4688-9

© Леликова Г.П., 2017

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

От Издателя

Подготовка конструкторов-машиностроителей — одна из важнейших задач инженерных вузов, поскольку проблема разработки и промышленного внедрения новых машин не перестает быть актуальной. Студенты в процессе обучения на кафедре «Основы конструирования деталей и узлов машин» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана получают навыки конструирования при выполнении своего первого конструкторского проекта. Знания и умения, необходимые при конструировании деталей и узлов машин, студенты получают на основе знаний, полученных при изучении предшествующих дисциплин: инженерной графики, теоретической механики, теории машин и механизмов, сопротивления материалов.

Учебное пособие «Конструирование узлов и деталей машин» П.Ф. Дунаева и О.П. Леликова является основным пособием, предназначенным для студентов, выполняющих курсовой проект. После выхода в свет в 2006 г. девятого переработанного и дополненного издания учебное пособие переиздавалось еще три раза без изменений (последнее в 2009 г. было выпущено Издательским центром «Академия»). В настоящее время возникла потребность в его переиздании, так как, наряду с другой литературой по конструированию узлов и деталей машин, оно необходимо для подготовки будущих конструкторов-машиностроителей. Поскольку пересмотра основ такой подготовки не произошло, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана приняло решение подготовить переиздание этого популярного среди студентов и ставшего классическим учебного пособия.

Несмотря на то что последнее издание до сих пор востребовано и не потеряло своей актуальности, Издатель отдавал себе отчет в том, что возможности для совершенствования материала учебного пособия далеко не исчерпаны. Именно это явилось побудительной причиной начать работу над переизданием. К большому сожалению, авторов учебного пособия уже нет с нами, поэтому Издатель обратился к доктору технических наук, профессору кафедры «Основы конструирования деталей и узлов машин» МГТУ им. Н.Э. Баумана О.А. Ряховскому, которого с авторами связывали долгие годы плодотворной совместной работы, с просьбой помочь в подготовке нового издания, став его научным редактором.

В процессе работы научный редактор и Издатель сочли целесообразным сохранить выдержавшие испытание временем избранный стиль изложения, основное содержание и принятую схему структурирования материала. При этом постоянное внимание уделялось актуальности и современности излагаемого материала. Разделы, содержащие материал фундаментального характера, остались практически без изменений.

В настоящем издании учебного пособия подробно описана новая конструкция приборов для точного контроля возможных расцентровок соединяемых валов и способов компенсации расцентровок. Описан прибор для точного монтажа шкивов клиноременных передач и способы простого

перемещения шкивов вдоль оси вращения при регулировке. Представляет несомненный интерес описание конструкции подводимых опор, допускающих компенсацию взаимного осевого и углового смещения соединяемых поверхностей.

Новое издание учебного пособия потребовало провести ревизию представленного в нем графического материала и устранения закраившихся за долгие годы переизданий неизбежных неточностей.

Издатель выражает искреннюю признательность всем, кто внес свою лепту в подготовку настоящего издания, в особенности Г.П. Леликовой, давшей разрешение на переиздание книги, и О.А. Ряховскому, взявшему на себя долгий и кропотливый труд по научному редактированию.

И, наконец, последнее, на что Издатель хотел бы акцентировать внимание читателей. Настоящее издание при всей своей универсальности ориентировано прежде всего на студентов и преподавателей Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана — единственного технического вуза страны, за которым в отличие от других вузов, удостоенных статуса «национальный исследовательский университет», Указом Президента РФ № 732 от 1 июля 2009 года закреплено бессрочное право вести обучение по собственным образовательным стандартам.

Предисловие к 9-му изданию

Машиностроению принадлежит ведущая роль среди других отраслей экономики, так как основные производственные процессы выполняют машины. Поэтому и технический уровень многих отраслей в значительной мере обусловлен уровнем развития машиностроения.

Повышение эксплуатационных и качественных показателей, сокращение времени разработки и внедрения новых машин, повышение их надежности и долговечности — основные задачи конструкторов-машиностроителей. Одним из направлений решения этих задач является совершенствование конструкторской подготовки студентов высших технических учебных заведений.

Большие возможности для совершенствования труда конструкторов дает применение ЭВМ, позволяющее оптимизировать конструкции, автоматизировать значительную часть процесса проектирования. Представленные в книге различные конструктивные решения можно использовать для создания графической базы данных, применяемой при проектировании.

Выполнение курсового проекта по «Деталям машин» завершает общетехнический цикл подготовки студентов. Это их первая самостоятельная творческая инженерная работа, при выполнении которой студенты активно используют знания из ряда пройденных дисциплин: механики, сопротивления материалов, технологии металлов, взаимозаменяемости и др.

Объектами курсового проектирования являются обычно приводы различных машин и механизмов (например, ленточных и цепных конвейеров, испытательных стендов, индивидуальные), использующие большинство деталей и узлов общемашиностроительного применения.

В книге главное внимание уделено методике конструирования деталей и узлов машин. Конструирование — процесс творческий. Известно, что каждая конструкторская задача может иметь несколько решений. Важно по определенным критериям сопоставить конкурирующие варианты и выбрать один из них — оптимальный для данных конкретных условий. Такой сравнительный анализ вариантов конструктивных исполнений широко представлен в книге.

Рекомендации по конструированию сопровождаются анализом условий работы узлов и деталей, их обработки и сборки. Излагаемый материал расположен в том порядке, в котором следует работать над проектом. Все сведения, необходимые для выполнения очередного этапа расчетов и конструирования, расположены в одном месте. Даны варианты типовых конструкций.

Рекомендации по конструированию и отдельные конструктивные решения отражают современный уровень как отечественного, так и зарубежного машиностроения. В последней главе даны справочные таблицы, необходимые при проектировании.

При выполнении курсового проекта студент последовательно проходит от выбора схемы механизма через многовариантность проектных решений до его воплощения в рабочих чертежах; приобщаясь к инженерному творчеству, осваивая предшествующий опыт, учится предвидеть новые идеи в создании машин, надежных и долговечных, экономичных в изготовлении и эксплуатации, удобных и безопасных в обслуживании.

Настоящее издание отличается от предыдущего следующее:

- переработаны главы по методике расчета передач (зубчатых цилиндрических и конических, червячных, планетарных и волновых);
- переработан подраздел по расчету геометрических параметров червячных цилиндрических передач (в соответствии с ГОСТ 19650–97);
- использованы данные и приведены выдержки из вновь введенных стандартов на общие допуски размеров (ГОСТ 30893.1–2002), общие допуски формы и расположения поверхностей (ГОСТ 30893.2–2002), общие технические условия на подшипники качения (ГОСТ 520–2002), а также изменения, внесенные в ГОСТ 2.309 на обозначения шероховатости поверхностей и в ГОСТ 2.420 на упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах;
- весь материал книги тщательно сверен с действующей нормативно-технической документацией, вследствие чего внесены необходимые уточнения.

Учебное пособие «Конструирование узлов и деталей машин» вместе с учебниками и атласами деталей машин составляет необходимый комплект литературы для расчетно-конструкторской подготовки студентов машиностроительных вузов всех форм обучения. Оно может быть также полезно преподавателям, работникам конструкторских отделов предприятий, проектных и научно-исследовательских организаций.

Авторы выражают благодарность рецензентам книги — профессору, доктору технических наук Ю. Н. Дроздову; профессору, доктору технических наук С. В. Палочкину за полезные советы и замечания.

ГЛАВА 1

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Проектирование начинают с ознакомления с заданием на проект.

Техническое задание на проектирование механизма или машины проектная организация получает от предприятия-изготовителя. В техническом задании перечислены основные требования: силовые, габаритные, экономические, эргономические и др., которые должны быть выполнены при проектировании.

Задание на курсовой проект можно рассматривать как часть реального технического задания. Оно может, например, представлять собой кинематическую схему привода (включая схему редуктора) с исходными данными. Следует выполнить необходимые расчеты, выбрать наилучшие параметры схемы и разработать **конструкторскую документацию** (чертеж общего вида, чертежи сборочных единиц и деталей, пояснительную записку и др.), предназначенную для изготовления привода.

Исходные данные (рис. 1.1): F_t — окружная сила на барабане ленточного или на звездочке цепного конвейера, Н; v — скорость движения ленты или цепи, м/с; D_6 — диаметр барабана, мм; $z_{зв}$ — число зубьев; $t_{зв}$ — шаг тяговой звездочки, мм; $T_в$ — вращающий момент, Н·м; $n_в$ — частота вращения выходного вала редуктора, мин⁻¹.

Выбор электродвигателя. Для выбора электродвигателя определяют требуемую его мощность и частоту вращения.

Потребляемую мощность, кВт, привода (мощность на выходе) находят по формуле

$$P_в = F_t v / 10^3.$$

Тогда требуемая мощность электродвигателя

$$P_{э.тр} = P_в / \eta_{общ},$$

где $\eta_{общ} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n$ — КПД отдельных звеньев кинематической цепи, ориентировочные значения которых с учетом потерь в подшипниках можно принимать по табл. 1.1.

Если на данном этапе работы затруднительно определить передаточное число червячной передачи, то предварительно можно принять $\eta = 0,8$.

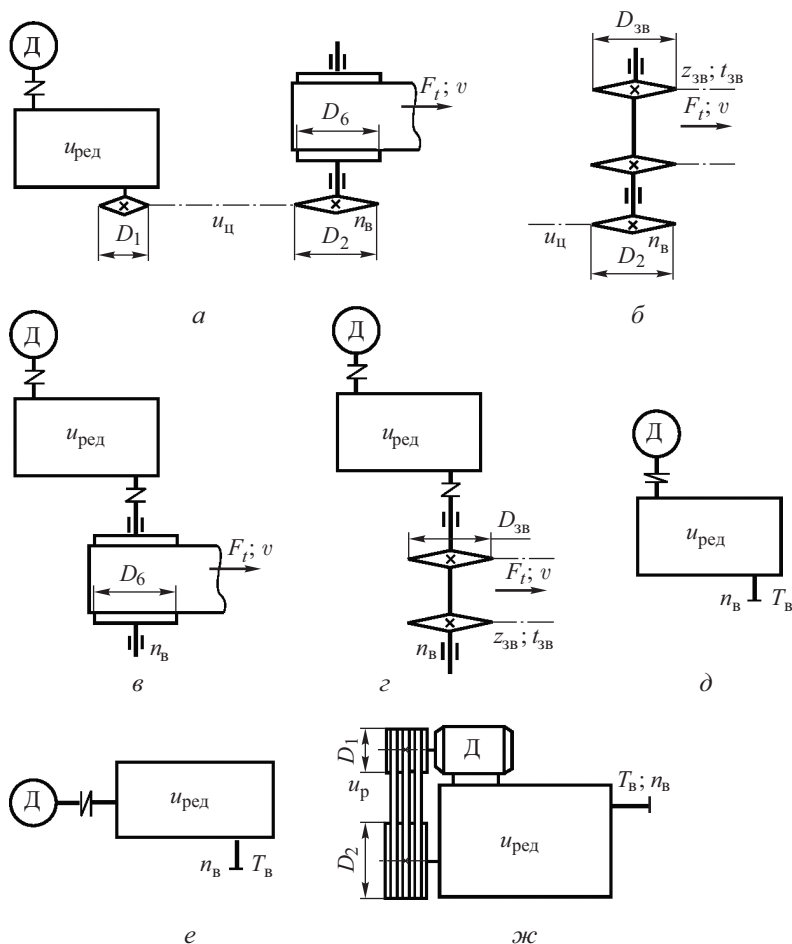


Рис. 1.1

Требуемая частота вращения вала электродвигателя

$$n_{\text{э.тр}} = n_{\text{в}} u_1 u_2 \dots u_n,$$

где $u_1, u_2, \dots, u_n$ — передаточные числа кинематических пар изделия.

Предварительно вычисляют частоту вращения $n_{\text{в}}$, мин^{-1} , приводного вала (см. рис. 1.1, а—г) или выходного вала редуктора (см. рис. 1.1, д—ж):

$$n_{\text{в}} = 6 \cdot 10^4 v / (\pi D_6)$$

или

$$n_{\text{в}} = 6 \cdot 10^4 v / (\pi D_{3\text{в}}),$$

где $D_{3\text{в}} = t_{3\text{в}} / \sin(180^\circ / z_{3\text{в}})$ — делительный диаметр тяговой звездочки, мм.

Диапазон рекомендуемых передаточных чисел $u_{\text{ред}}$ редукторов и передач приведен в табл. 1.2 и 1.3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От Издателя	5
Предисловие к 9-му изданию	6
Глава 1. Кинематические расчеты	8
Глава 2. Расчет зубчатых и червячных передач	15
2.1. Расчет зубчатых передач	15
2.1.1. Расчет цилиндрических зубчатых передач	22
2.1.2. Расчет конических зубчатых передач	33
2.2. Расчет червячных передач	39
2.3. Анализ результатов расчета на ЭВМ и выбор варианта для конструктивной проработки	48
Глава 3. Разработка компоновочных схем	53
3.1. Диаметры валов	53
3.2. Расстояния между деталями передач	56
3.3. Выбор типа подшипника	58
3.4. Схемы установки подшипников	60
3.5. Примеры компоновочных схем редукторов	62
3.6. Составление компоновочной схемы привода	65
Глава 4. Базирование деталей	68
4.1. Общие положения	68
4.2. Основные базы типовых деталей	69
Глава 5. Конструирование зубчатых, червячных колес и червяков	72
5.1. Цилиндрические зубчатые колеса внешнего зацепления	72
5.2. Цилиндрические зубчатые колеса внутреннего зацепления	77
5.3. Блоки зубчатых колес	78
5.4. Конические зубчатые колеса	80
5.5. Валы-шестерни	82
5.6. Червячные колеса	84
5.7. Червяки	87
Глава 6. Установка колес на валах	89
6.1. Соединения вал — ступица	89
6.2. Основные способы осевого фиксирования колес	102
6.3. Регулирование осевого положения колес	112
Глава 7. Конструирование подшипниковых узлов	119
7.1. Определение сил, нагружающих подшипники	119
7.1.1. Силы, действующие на валы	119
7.1.2. Определение радиальных реакций	120
7.1.3. Определение осевых реакций	121
7.2. Подбор подшипников	124
7.3. Выбор посадок подшипников	142

7.4. Монтаж и демонтаж подшипников	144
7.5. Конструкции подшипниковых узлов	147
7.6. Конструирование опор валов конических шестерен	163
7.7. Конструирование опор валов-червяков	166
7.8. Опоры плавающих валов	168
7.9. Опоры соосно расположенных валов	171
7.10. Опоры валов, расположенные в разных корпусах	173
7.11. Конструктивное оформление посадочных мест	174
7.12. Вычерчивание внутренней конструкции подшипников	176
7.13. Примеры конструкций подшипниковых узлов машин	178
Глава 8. Конструирование стаканов и крышек	183
8.1. Конструирование стаканов	183
8.2. Конструирование крышек подшипников	184
Глава 9. Конструирование узлов подшипников скольжения	189
Глава 10. Конструирование валов	196
10.1. Концевые участки валов	196
10.2. Конструкции валов	199
10.3. Расчеты валов на прочность	204
Глава 11. Смазывание, смазочные устройства и уплотнения	219
11.1. Смазывание зубчатых, червячных и цепных передач	219
11.2. Смазывание подшипников	223
11.3. Смазочные устройства	227
11.4. Уплотнительные устройства	230
11.5. Примеры конструкций современных уплотнений валов	237
Глава 12. Примеры конструкций узлов зубчатых и червячных передач	241
12.1. Входные (быстроходные) валы редукторов.....	241
12.2. Промежуточные валы редукторов	254
12.3. Выходные (тихоходные) валы редукторов	261
Глава 13. Особенности конструкции многопоточных соосных зубчатых передач	267
13.1. Силовые соотношения	269
13.2. Расчет упругих элементов	269
Глава 14. Планетарные передачи	274
14.1. Кинематический расчет	275
14.2. Силовой расчет	277
14.3. Конструирование планетарных передач	281
Глава 15. Волновые передачи	292
15.1. Основные схемы передач	292
15.2. Выбор параметров зацепления	293
15.3. Конструирование гибких и жестких колес	295
15.4. Конструирование генераторов волн	298
15.5. Тепловой режим и смазывание волновой передачи	304
15.6. Примеры конструкций волновых передач	306

Глава 16. Управление передвижными деталями	307
16.1. Переводные камни и вилки	308
16.2. Направляющие скалки. Рычаги, оси и рукоятки управления	310
16.3. Устройства для фиксации передвижных деталей	313
16.4. Блокировочные устройства	317
16.5. Однорычажные механизмы переключения	320
Глава 17. Конструирование корпусных деталей и крышек	321
17.1. Общие рекомендации	321
17.2. Корпуса редукторов	326
17.3. Корпуса коробок передач	347
17.4. Оформление мест соединения корпуса с фланцем электродвигателя	349
17.5. Крышки люков	350
17.6. Сварные корпуса	352
Глава 18. Шкивы и натяжные устройства ременных передач	354
18.1. Конструкции шкивов	354
18.2. Натяжные устройства	359
18.3. Контроль точности расположения шкивов вдоль оси вращения клиноременной передачи	369
Глава 19. Звездочки цепных передач	371
Глава 20. Муфты	374
20.1. Установка полумуфт на валах	374
20.2. Смещения валов	377
20.3. Компенсирующие муфты	383
20.4. Муфты упругие и упругокомпенсирующие	385
20.4.1. Муфты с металлическими упругими элементами	385
20.4.2. Муфты с резиновыми упругими элементами	392
20.5. Сцепные муфты	402
20.6. Предохранительные муфты	407
20.7. Комбинированные муфты	412
20.8. Пусковые муфты	414
Глава 21. Рамы и плиты. Крепление к полу	419
21.1. Рамы	419
21.2. Плиты	426
21.3. Крепление к полу цеха	427
Глава 22. Выполнение чертежей деталей	430
22.1. Требования к рабочим чертежам	430
22.1.1. Общие положения	430
22.1.2. Задание размеров	431
22.1.3. Предельные отклонения размеров	432
22.1.4. Допуски формы и допуски расположения поверхностей	434
22.1.5. Шероховатость поверхностей	437
22.1.6. Обозначение термической обработки	440

22.1.7. Обозначение сварных швов	441
22.1.8. Расположение на чертеже детали размеров, обозначений баз, допусков формы и расположения, шероховатости и технических требований	443
22.2. Рабочие чертежи типовых деталей	445
22.2.1. Валы, валы-шестерни, червяки	445
22.2.2. Зубчатые и червячные колеса	453
22.2.3. Стаканы	460
22.2.4. Крышки подшипников качения	470
22.2.5. Шкивы	473
22.2.6. Звездочки	475
22.2.7. Корпусные детали	478
Глава 23. Оформление проекта	485
23.1. Виды изделий и конструкторских документов, их обозначение	485
23.2. Основные надписи	487
23.3. Составление пояснительной записки	489
23.4. Составление спецификаций	494
23.5. Оформление сборочного чертежа	501
23.6. Оформление чертежа общего вида	507
Глава 24. Справочные таблицы	510
Литература	560