



Digitally signed by
Library TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity
of this document

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

Факультет инженерии и менеджмента в машиностроении

Кафедра « Промышленный и индустриальный дизайн »

Допуски и контроль размеров

Учебное пособие

Кишинэу
ТУМ
2011

CZU 621(075.8)

П 57

Утверждено методическим советом факультета инженерии и менеджмента в машиностроении.

Учебник предназначен для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений, написан в объеме программы курса «Допуски и контроль размеров».

Ответственный редактор: Василе Попа

Рецензент: Хэбэшеску Ион

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII

Попа, Василе

Допуски и контроль размеров: Учеб. пособие / Василе Попа, Андрей Настас; Техн. ун-т Молдовы, Фак. инженерии и менеджмента в машиностроении, Каф. «Промышленный и индустриальный дизайн». – К.: ТУМ, 2011. – 568 р.

Bibliogr.: p.565-567 (33 tit.). – 75 ex.

ISBN 978–9975–45–150–5.

621(075.8)

П 57

ISBN 978 – 9975 – 45 – 150 – 5.

© Василе Попа,
Андрей Настас,
2011

© ТУМ, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	9
Глава 1. Основные понятия о взаимозаменяемости и её роль в повышении качества машин и приборов	11
1.1. Виды взаимозаменяемости.....	14
1.2. Функциональная взаимозаменяемость.....	15
1.3. Этапы развития качества.....	16
1.4. Сертификация промышленной продукции.....	21
Глава 2. Точность обработки и сборки деталей в машиностроении	24
2.1. Точность размеров.....	24
2.1.1. Основные понятия о размерах.....	24
2.1.2. Предельные отклонения.....	30
2.1.3. Допуски размеров.....	31
2.1.4. Понятие о соединениях и посадках.....	33
2.2. Система допусков и посадок.....	37
2.2.1. Исторические данные.....	37
2.2.2. Основные признаки системы допусков и посадок.....	39
2.2.3. Обозначение предельных отклонений и посадок на чертежах.....	61
2.3. Точность формы и расположения поверхностей деталей.....	64
2.3.1. Прилегающие элементы.....	65
2.3.2. Отклонения формы цилиндрических поверхностей.....	66
2.3.3. Отклонения формы плоских поверхностей.....	72
2.3.4. Отклонения и допуски расположения.....	73
2.3.5. Зависимые и независимые допуски.....	82
2.3.6. Обозначение допусков формы и расположения поверхностей на чертежах.....	86
2.4. Шероховатость и волнистость поверхностей деталей.....	102
2.4.1. Основные параметры шероховатости поверхности.....	105
2.4.2. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.....	110
2.4.3. Волнистость поверхности.....	117
2.4.4. Влияние шероховатости, волнистости, отклонений формы и расположения поверхностей на эксплуатационные показатели машин.....	118
2.4.5. Выбор шероховатости и волнистости поверхности.....	125

Глава 3. Погрешности изготовления и измерения и статистические, методы контроля качества	127
3.1. Классификация погрешностей.....	127
3.2. Законы распределения случайных погрешностей	131
3.2.1. Закон нормального распределения (Закон Гаусса).....	131
3.2.2. Закон равной вероятности.....	138
3.2.3. Закон равнобедренного треугольника (Закон Симпсона).....	140
3.3. Обработка результатов измерения	141
3.4. Методы статического контроля качества	154
Глава 4. Теоретические основы расчета и выбора посадок	161
4.1. Расчет и выбор посадок с зазором в подшипниках скольжения	162
4.2. Расчет и выбор посадок с натягом.....	177
4.3. Расчет и выбор переходных посадок	190
Глава 5. Допуски и посадки для подшипников качения	197
5.1. Зазоры в подшипниках качения.....	201
5.2. Классы точности подшипников качения	205
5.3. Допуски для подшипников качения	209
5.4. Виды нагружения колец подшипников качения	212
5.5. Выбор посадок для подшипников качения.....	215
Глава 6. Неуказанные допуски размеров. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей	224
6.1. Неуказанные предельные отклонения линейных размеров	225
6.2. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей	229
Глава 7. Размерные цепи	231
7.1. Термины и определения	231
7.2. Классификация размерных цепей.....	234
7.3. Задачи и методы решения размерных цепей.....	236
7.4. Расчет размерных цепей методом максимума – минимума (метод полной взаимозаменяемости)	237
7.4.1. Прямая задача.....	237
7.4.2. Обратная задача.....	242
7.5. Расчет размерных цепей теоретико-вероятностным методом.....	245
7.5.1. Прямая задача.....	246
7.5.2. Обратная задача.....	251
7.6. Расчет размерных цепей методом компенсации	254

7.7. Расчет размерных цепей методом групповой взаимозаменяемости (селективная сборка)	263
7.8. Размерные цепи в связи с расположением осей отверстий.....	267
7.8.1. Соотношение между величиной зазора и величиной отклонения от соосности вала и отверстия.....	267
7.8.2. Определение допусков на расстояние между осями отверстий	268
7.8.3. Расчет допусков при координирование отверстий от одной или двух параллельных базовых плоскостей	273
7.9. Расчет плоских и пространственных размерных цепей	275
Глава 8. Допуски углов. Допуски и посадки конических соединений	277
8.1. Основные параметры конических деталей и их соединений	277
8.2. Назначение конических соединений	282
8.3. Система допусков углов	282
8.4. Система допусков и посадок для конических соединений	285
8.4.1. Основные понятия.....	285
8.4.2. Предельные отклонения и допуски осевых смещений конусов	291
8.4.3. Расчет предельных базорасстояний конического соединения.....	293
Глава 9. Допуски и посадки для резьбовых соединений	296
9.1. Классификация резьб и эксплуатационные требования к резьбовым соединениям.....	296
9.2. Взаимозаменяемость метрических резьб. Допуски и посадки	299
9.2.1. Основные параметры метрических резьб	299
9.2.2. Влияние отклонений шага, половины угла профиля и средних диаметров на свинчиваемость деталей	304
9.2.3. Приведенный средний диаметр и суммарный допуск среднего диаметра резьбы	308
9.2.4. Степени точности, основные отклонения и поля допусков для метрических резьб с зазором	311
9.2.5. Обозначение допусков и посадок метрических резьб на чертежах.....	315
9.2.6. Переходные посадки для метрических резьб	317
9.2.7. Посадки с натягом для метрических резьб	319
9.3. Взаимосвязь кинематических резьб. Допуск и посадки.....	322
9.3.1. Трапецеидальная резьба	323
9.3.2. Упорная резьба	326

9.4. Другие виды резьб	328
9.4.1. Метрическая коническая резьба	328
9.4.2. Трубная цилиндрическая резьба	329
9.4.3. Трубная коническая резьба	330
9.4.4. Круглая резьба	330
Глава 10. Допуски и посадки для шпоночных и шлицевых соединений	331
10.1. Допуски и посадки шпоночных соединений	331
10.1.1. Допуски и посадки для призматических шпонок	332
10.1.2. Допуски и посадки для соединения с сегментными шпонками	335
10.1.3. Допуски и посадки соединения с клиновыми шпонками	336
10.1.4. Допуски и посадки соединения с тангенциальными шпонками	338
10.1.5. Обозначение предельных отклонений шпоночных соединений на чертежах	339
10.2. Допуски и посадки шлицевых соединений	340
10.2.1. Допуски и посадки шлицевых соединений с прямобочным профилем	340
10.2.2. Допуски и посадки шлицевых соединений с эвольвентным профилем зуба	345
10.2.3. Допуски и посадки для шлицевых соединений с треугольным профилем	351
Глава 11. Допуски и посадки зубчатых передач	352
11.1. Основные сведения	352
11.2. Допуски и посадки для цилиндрических зубчатых колёс и передач	354
11.2.1. Основные параметры зубчатых колёс и передач	356
11.2.2. Система допусков и посадок для зубчатых колёс и передач	360
11.2.2.1. Норма кинематической точности	361
11.2.2.2. Норма плавности работы	372
11.2.2.3. Норма контакта зубьев	377
11.2.2.4. Боковой зазор в зубчатой передаче	381
11.2.3. Условное обозначение точности зубчатых колес и передач	386
11.3. Допуски и посадки конических зубчатых передач	390
11.4. Допуски и посадки червячных цилиндрических передач	392

Глава 12. Основные понятия о метрологии	393
12.1. История развития метрологии	393
12.2. Поверочная схема для единицы длины.....	397
12.3. Системы единиц физических величин.....	400
12.4. Основные методы измерения.....	403
12.5. Основные метрологические показатели средств измерения.....	404
Глава 13. Универсальные измерительные средства	408
13.1. Измерительные инструменты	408
13.1.1. Штангенинструмент	408
13.1.2. Микрометрические измерительные инструменты	417
13.2. Механические измерительные приборы	423
13.3. Оптико-механические и оптические приборы	436
13.3.1. Оптиметры	436
13.3.2. Микроскопы.....	442
13.4. Пневматические приборы	445
Глава 14. Выбор измерительных средств	449
Глава 15. Измерение и контроль отклонений формы и расположения поверхностей	460
15.1. Измерение и контроль отклонений от прямолинейности	460
15.2. Измерение и контроль отклонений от плоскостности.....	467
15.3. Измерение отклонений от круглости	470
15.4. Измерение отклонений от цилиндричности (<i>EFZ</i>)	476
15.5. Измерение отклонений профиля продольного сечения цилиндрических поверхностей.....	479
15.6. Измерение отклонений от параллельности	481
15.7. Измерение отклонений от перпендикулярности.....	484
15.8. Измерение отклонений от концентричности и от соосности.....	486
15.9. Измерение радиального биения.....	489
15.10. Измерение торцевого биения.....	490
15.11. Контроль размеров между осью и плоскостью или между двумя осями.....	491
Глава 16. Методы и средства контроля шероховатости поверхности	493
Глава 17. Калибры гладкие для контроля отверстий и валов	499
17.1. Классификация калибров	499
17.2. Допуски калибров	503
17.3. Расчет исполнительных размеров калибров.....	507
17.4. Примеры расчета исполнительных размеров калибров	510

Глава 18. Методы и средства контроля углов и конусов	513
18.1 Измерение и контроль углов.....	513
18.2. Измерение и контроль конусов.....	518
Глава 19. Методы и средства контроля точности цилиндрических резьб	521
19.1. Комплексный метод контроля метрических резьб	521
19.2. Дифференцированный метод контроля метрических резьб.....	526
19.2.1. Измерение среднего диаметра наружной метрической резьбы методом трёх проволочек.....	527
19.2.2. Измерение шага резьбы	530
19.2.3. Измерение погрешности половины угла профиля	531
Глава 20. Методы и средства контроля зубчатых колес	533
20.1. Измерение параметров зубчатого колеса по норме кинематической точности	537
20.1.1. Измерение кинематической погрешности.....	537
20.1.2. Измерение радиального биения	539
20.1.3. Измерение колебания длины общей нормали.....	540
20.1.4. Измерение колебания измерительного межосевого расстояния.....	541
20.2. Измерение параметров зубчатого колеса по норме плавности работы.....	543
20.2.1. Контроль основного шага f_{pbr}	543
20.2.2. Контроль профиля зуба f_{fr}	544
20.3. Измерение параметров, характеризующих боковой зазор.....	545
20.3.1. Измерение дополнительного смещения исходного контура E_{HS}	545
20.3.2. Измерение толщины зуба	546
Глава 21. Контроль деталей шпоночных шлицевых соединений	549
21.1. Методы и средства контроля деталей шпоночного соединения	549
21.2. Контроль деталей шлицевых соединений	551
Глава 22. Средства автоматизации контроля в машиностроении	554
22.1. Общие понятия.....	554
22.2. Средства активного контроля для круглошлифовальных станков	555
22.3. Датчики для измерительных устройств	557
22.4. Средства активного контроля для внутришлифовальных и хонинговальных станков	562
Литература	565

Предисловие

Учебник написан в объеме программы курса «Допуски и контроль размеров» и предназначен для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений.

Большое значение для развития машиностроения, для создания изделий высокого качества имеет использование принципа взаимозаменяемости при их изготовлении с применением надежных технических средств измерения и контроля.

Большая часть работы посвящена вопросам точности размеров, точности формы и относительного расположения поверхностей. Непосредственно с этим рассмотрены вопросы выбора и назначения, символизации и обозначения в технической документации допусков размеров, допусков форм и расположения, а также шероховатость и волнистость поверхностей деталей.

Для сопрягаемых поверхностей деталей представлены указания для выбора посадок.

В работе подчеркивается методология выбора и указание посадок как для сопрягаемых поверхностей, так и для свободных размеров, которые не образуют посадки.

Дан анализ вопросов, связанных с точностью геометрической формы, указаны причины появления отклонения формы и шероховатости и их влияние на качество деталей, на их сопряжения и, в первую очередь, на характер посадки.

В отдельных главах трактуются отклонения на допуски и посадки конических, шпоночных, шлицевых соединений и для зубчатых передач.

Приводятся также допуски и посадки для соединений с подшипниками качения.

Работа содержит тесно связанную с проблематикой допусков целую главу, посвященную размерным цепям, даны методы назначения самых экономических допусков, описаны различные методы достижения точности и методы решения размерных цепей.

Кроме вопросов допусков и посадок в работе систематизированы и представлены теория и практика методов измерения и контроля, используемые в машиностроении.

Работа содержит основные понятия о метрологии с указаниями по измерению линейных и угловых размеров, по выбору методов измерения, средств измерения и контроля.

Все средства измерения систематизированы по основным конструктивным признакам: механические средства, оптические, оптомеханические, электрические, пневматические и др.

В учебнике описаны методы и средства контроля точности обработки различных по конструкции деталей, используемых в машиностроении.

Приводятся методы и средства контроля точности линейных и угловых размеров, параметров, характеризующих отклонения формы и относительное расположение поверхностей, а также параметров шероховатости и волнистости для различных типов деталей.

В специальной главе приведены самые современные методы контроля, базирующиеся на математической статистике, приведены самые производительные методы контроля, а также автоматические методы контроля, используемые в машиностроении.

Работа содержит основные элементы для проектирования калибров и контрольных приспособлений для различных типов деталей и соединений.

Отдельное место в работе занимает методология определения предельных погрешностей измерения, погрешностей методов измерения и средств измерения – основа правильного выбора методов и средств измерения и контроля.

Основное внимание уделяется математическим методам обработки экспериментальных данных и представлению результатов измерения.

Из-за ограниченного объема в учебнике приведены лишь некоторые таблицы с данными, необходимыми для объяснения того или иного рассматриваемого вопроса. Поэтому в работе дается ссылка на актуальные стандарты, в которых быстро можно найти данные, необходимые в процессе проектирования.

Учебник подготовлен на основе многолетнего опыта авторов в преподавании курса «Допуски и контроль размеров» с использованием последних достижений науки и техники, а также национальных и международных стандартов в данной области.

Работа адресована в первую очередь студентам механических и машиностроительных факультетов специальностей: «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты», «Автомобильный транспорт», «Машины и аппараты пищевых производств», «Холодильные и компрессорные установки» и др. Работу могут использовать и студенты других факультетов, для которых в учебной программе содержатся вопросы по допускам и контролю размеров; специалисты, занимающиеся проектированием; работники научно-исследовательских институтов, работающие в области машиностроения и приборостроения, а также инженеры и техники, занимающиеся эксплуатацией и ремонтом машин и приборов; работники отделов технического контроля машиностроительных заводов; инженеры государственных органов и метрологических лабораторий по сертификации выпускаемой продукции.

Работа может быть использована и другими лицами, желающими усовершенствовать свои знания в области допусков, посадок и технических измерений.

Авторы

Литература

1. Белкин И. М. Средства линейно–угловых измерений. Справочник. – Москва: Машиностроение, 1987. –368 с.
2. Безменов А. Е. Допуски посадки и технические измерения.– Москва: Машиностроение, 1969. –320 с.
3. Бирюков А. С., Серко А. Д. Измерения геометрических величин и их метрологическое обеспечение: Учебное пособие.– Москва: Издательство стандартов, 1987. –368 с.
4. Болдин Л.А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении.– Москва: Машиностроение, 1984.– 272 с.
5. Dragu D., Bădescu Gh., Sturza A., Militaru C, Popescu I. Toleranțe și măsurători tehnice.– București: Editura Didactică și Pedagogică, 1980, 1982.– 428 p.
6. Dragu D., Dumitraș C. Toleranțe și lanțuri de dimensiuni în construcția de stațe și matrițe.– București: Editura Tehnică, 1988.– 248 p.
7. Dunin-Barkovski I.V., Smirnov N.V. Teoria probabilităților și statistica matematică în tehnică (traducere din limba rusă).– București: Editura Academiei, 1966.
8. Dunaev P.F. Lanțuri de dimensiuni (traducere din limba rusă).– București: Editura Tehnică, 1958.– 344 p.
9. Якушев А. И., Воронцов Л. Н., Федотов Н. М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.– Москва: Машиностроение, 1987.– 352 с.
10. Ivan M., Antonescu N, Dumitraș O., Rusan G., Bădescu G., Popescu I. Mașini-unelte și control dimensional.– București: Editura Didactică și Pedagogică, 1980.– 702 p.
11. Иванов А. И. Технические измерения.– Москва: “Колос”, 1964, 1983.– 488 с.
12. Журавлёв А. Н. Допуски и технические измерения.– Москва: Высшая школа, 1964.– 488 с.
13. Lăzărescu I., Dragu D., Tărăboi V., Stețiuc S. Toleranțe și măsurări tehnice.– București: Editura Didactică și Pedagogică, 1969.– 579 p.

14. Lăzăreacu I., Stefiuc C. Toleranțe, ajustaje, calcul cu toleranțe, calibre.– București: Editura Tehnică, 1984.– 484 p.
15. Марков А. Л. Измерение зубчатых колёс.– Ленинград: Машиностроение, 1968.
16. Мягков В. Р. Допуски и посадки: Справочник (в двух томах).– Ленинград, Москва: 1979.– 1032 с.
17. Олеров И. М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений: Справочник.– Москва: Машиностроение, 1983. –56 с.
18. Перель Л. Я. Подшипники качения: Справочник.– Москва: Машиностроение, 1983.– 544 с.
19. Popa V., Bantaș N., Nastas A., Gherghel N., Dan M. Toleranțe și control dimensional.– Chișinău: Editura „TEHNICA–INFO”, 2006. – 670 p.
20. Răileanu A. Toleranțe și măsurări tehnice. Părțile I-II.– Iași: Institutul Politehnic Iași, 1970.– 440 p, 482 p.
21. Решетов Д. Н. Детали машин. 3-е изд.– Москва: Машиностроение, 1974.– 655 с.
22. Саранча Г.А. Стандартизация, взаимозаменяемость и технические измерения.– Москва: Издательство стандартов, 1991.– 344 с.
23. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.– Москва: Агропромиздат, 1987.– 367 с.
24. Шляхтер Л. М. Взаимозаменяемость, метрология, стандартизация на предприятиях бытового обслуживания.– Москва: Легпромбытиздат, 1990.– 280 с.
25. Тюрин Н. И. Введение в метрологию.– Москва: Издательство стандартов, 1985.– 248 с.
26. Тищенко О.Ф., Валедински А.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.– Москва: Машиностроение, 1977.– 358 с.
27. Зябрева Н. Н., Шегал М. Я. Лабораторные занятия по курсу “Основы взаимозаменяемости и технические измерения”.– Москва: Машиностроение, 1966.– 348 с.

28. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник. Том 1.– Москва: Издательство стандартов, 1989.– 264 с.
29. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник. Том 2.– Москва: Издательство стандартов, 1989.– 264 с.
30. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник.– Москва: Издательство стандартов, 1982.– 296 с.
31. Справочник по производственному контролю в машиностроении.– Ленинград: Машиностроение, 1974.
32. Toleranțe și ajustaje (Standarde și comentarii).– București: Editura Tehnică, 1969.
33. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения (ред. В. В. Бойцова).– Москва, 1963.– 280 с.