П.Ф. ДУНАЕВ, О.П. ЛЕЛИКОВ

РАСЧЕТ ДОПУСКОВ РАЗМЕРОВ

6-е издание

МОСКВА
“ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ” 2024

УДК 621.81+658.562
ББК 34.44
Д83

Дунаев П.Ф., Леликов О.П.

Д83 Расчет допусков размеров. 6-е изд. – М.: Инновационное машиностроение, 2024. 400 с., ил.

ISBN 978-5-907523-67-8

Изложены основные сведения о размерных связях в изделиях, на основании анализа которых выведены зависимости для расчета допусков. Рассмотрены методы и порядок расчета, даны рекомендации по составлению расчетных схем и проведению размерного анализа на стадии технического проектирования. Приведены примеры расчета типовых расчетных схем и нормативные данные для их выполнения. Приведены также расчеты точности с учетом влияния упругих и температурных деформаций, изнашивания деталей, расчеты кинематической погрешности зубчатой планетарной передачи.

В 6-м издании (5-е изд. 2021 г.) использованы данные из 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, 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.

Для конструкторов и технологов, работающих на машиностроительных предприятиях.

УДК 621.81+658.562
ББК 34.41

ISBN 978-5-907523-67-8

© ООО "Издательство "Инновационное машиностроение", 2024

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наиболее эффективным направлением повышения эксплуатационных показателей продукции является широкое внедрение в практику конструирования и производства изделий машиностроения расчетных принципов обоснования качественных показателей изделий.

Один из важнейших показателей качества изделий машиностроения – точность всех составных частей и изделий в целом. Точность деталей и сборочных единиц по условию их удовлетворительной работы должна обеспечивать точное положение и движение звеньев, ограничение динамических нагрузок, концентрации нагрузок и напряжений, оптимальные зазоры и натяги в сопряжениях и др. Точность существенно влияет на выходные показатели изделий: быстроходность, энергетическую эффективность, материалоемкость, надежность и долговечность.

Развитие техники связано с непрерывным повышением требований к точности машин, включая ее сохранение под нагрузкой и во времени. Повышение точности изделий машиностроения, как правило, существенно улучшает их качество, но увеличивает стоимость. Поэтому установление оптимального уровня точности является технико-экономической оптимизационной задачей.

Настоящая книга посвящена теории, методике и практике расчета допусков на размеры сопряженных поверхностей деталей, образующих сборочные единицы изделий машиностроения.

Расчет допусков можно выполнять с помощью двух принципиально различающихся методов: максимума-минимума и теоретико-вероятностного. Расчет с помощью первого метода базируется на допущении, что при изготовлении деталей размеры всех экземпляров имеют либо наибольшие, либо наименьшие предельные значения и располагаются в каждом экземпляре изделия самым неблагоприятным образом; при этом погрешности всех размеров арифметически суммируют. С точки зрения теории вероятностей такие допущения неправомерны. Известно, что вероятность появ-

ления действительного значения размера в заданной точке, как это предполагает метод максимума-минимума, равна нулю. Отсюда следует, что этот метод не имеет теоретической базы и основывается на невероятных событиях. Допуски на размеры, рассчитанные по методу максимума-минимума, не согласуются с практическими результатами. Значения допусков получаются неоправданно жесткими, что удорожает производство. Допустимая область применения этого метода – предварительные, ориентировочные расчеты, результаты которых не могут служить обоснованием допусков на размеры, задаваемых на чертежах деталей.

В книге изложены теория и методика расчета допусков, базирующиеся на основных положениях теории вероятностей. Размеры деталей могут быть линейными или угловыми, независимыми или зависимыми, скалярными или векторными. По правилам теории вероятностей допуски можно рассчитывать с заданной точностью при любой требуемой вероятности нахождения конечного (исходного) размера в допускаемых пределах.

Предложенная методика применима к изделиям машиностроения, находящимся как в статике, так и в рабочем состоянии. Приведенные в книге формулы позволяют учесть не только погрешности изготовления, но и такие изменения в системе, как упругие и температурные деформации, изнашивание.

Известно, что требуемую точность исходных размеров обеспечивают одним из двух методов: взаимозаменяемости и компенсации. В книге приведена методика расчета компенсирующих устройств разных типов.

При обработке деталей возникают погрешности не только линейных размеров, но и геометрической формы, а также погрешности в относительном расположении осей, поверхностей и конструктивных элементов деталей. В книге изложены методики расчетов погрешностей базирования, допусков формы и допусков расположения поверхностей типовых деталей.

При рассмотрении сложных расчетных схем, обработке статистических данных, оптимизационных расчетах или анализе влияния на конечный размер разных факторов (конструктивного исполнения, зазоров в сопряжениях, линейных размеров, допусков и

т.д.) целесообразно использовать ЭВМ. Такой подход к решению задачи дает возможность оценивать эффективность отдельных конструктивных решений, сравнивать разные варианты конструкций, оценивать необходимую в каждом конкретном случае точность выполнения размеров сопрягаемых поверхностей деталей.

Таким образом, в книге освещены современная теория, охватывающая широкий круг вопросов точности, и общеинженерная методика расчета допусков на размеры, допусков формы и допусков расположения осей, поверхностей и конструктивных элементов изделий машиностроения. Приведены примеры расчетов.

Настоящее четвертое издание книги выходит в свет через девять лет после смерти ***Петра Федоровича Дунаева,*** внесшего значительный вклад в развитие теории и практики размерного анализа изделий машиностроения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……..……..…… 3
Глава 1. ТЕОРИЯ РАСЧЕТОВ…….. 6
1.1. Основные положения……. 6
1.2. Рассеяние размеров деталей. Числовые характеристики и коэффициенты рассеяния……. 10
1.3. Определение допусков и коэффициентов рассеяния по опытно-статистическим данным……. 17
1.4. Рассеяние показателей точности сборочных единиц. Определение коэффициентов α_Σ и K_Σ…….. 32
1.5. Вероятность выхода показателей точности изделий за допускаемые пределы……. 38
1.6. Определение коэффициентов приведения…… 40
Глава 2. РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ……... 49
2.1. Разновидности аргументов обобщенной функции... 49
2.2. Аргументы Y_i – скалярные независимые величины 50
2.3. Аргументы Y_i – векторные величины……... 50
2.4. Аргументы Y_i – взаимно коррелированные величины……. 54
2.5. Аргументы Y_i – функционально зависимые величины……. 63
2.6. Аргументы Y_i – характеристики сопряжений деталей с зазором……... 68
2.7. Расчет позиционных допусков…….. 74
2.8. Обобщающие расчетные формулы……... 80
2.9. Расчет увязочных размеров…… 81
2.10. Расчет компенсаторов……... 82
2.11. Проектные методы расчета допусков……. 89
Глава 3. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ…. 100
3.1. Изнашивание деталей. Расчет ресурса изделия…... 100
3.2. Учет отклонений размеров и формы……. 104
3.3. Учет отклонений размеров и перекоса осей……. 109
Глава 4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПУСКОВ…….. 115
4.1. Значения допусков и коэффициентов α, K…… 115

4.2. Основные расчетные формулы……. 115
4.3. Составление расчетных схем…… 122
4.4. Размерный анализ конструкций машин на стадии технического проектирования……. 142
4.5. Порядок расчета……. 151
4.6. Оформление расчетов…… 154
Глава 5. ОБЩЕКОМПОНОВОЧНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ……... 156
5.1. Точность расположения узлов…….. 156
5.2. Точность положения и вращения вала……. 167
5.3. Точность осевого положения вала…… 182
5.4. Примеры расчета компоновочных схем…….. 185
Глава 6. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДОПУСКОВ НА РАЗМЕРЫ ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ……... 201
6.1. Цилиндрические зубчатые передачи…… 201
6.2. Конические зубчатые передачи……. 220
6.3. Червячные передачи…… 236
6.4. Планетарные передачи……... 246
Глава 7. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ…….. 257
7.1. Общие положения……... 257
7.2. Определение основной базы……. 259
7.3. Базирование деталей по торцам…… 264
7.4. Основная база типовых деталей…… 267
7.5. Допуски расположения деталей подшипниковых узлов…… 269
7.6. Допуски расположения деталей зубчатых и червячных передач……. 286
Глава 8. ДОПУСКИ НА РАЗМЕРЫ, ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ……..…….. 292
8.1. Основные положения……..…… 292
8.2. Валы, валы-шестерни, червяки…….…. 296
8.3. Зубчатые и червячные колеса……... 303
8.4. Стаканы……... 309
8.5. Крышки подшипников качения…… 311

8.6. Втулки, кольца…… 314
8.7. Шкивы……. 314
8.8. Корпусные детали…….…..…… 315
Список литературы…….…..... 320
Приложение I. Справочные таблицы…..…….. 321
Приложение II. Термины, определения отклонений и допусков формы, допусков расположения поверхностей (по ГОСТ 24642–81) …….……..... 349
Приложение III. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками по ГОСТ 30893.1–2002 (ИСО 2768–1–89)……...…… 362
Приложение IV. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально, по ГОСТ 30893.2–2002 (ИСО 2768–2–89)…….. 371
Приложение V. Изменения, внесенные в ГОСТ 2.309–73 "ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей"….…… 383
Предметный указатель…….….. 393