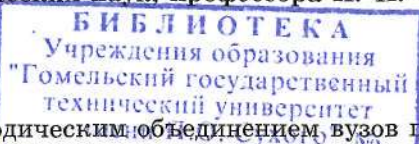


**П. Н. УЧАЕВ, С. Г. ЕМЕЛЬЯНОВ,  
К. П. УЧАЕВА, О. С. ЗУБКОВА**

# **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ**

**Под общей редакцией  
доктора технических наук, профессора П. Н. Учаева**



Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)»

Старый Оскол  
ТНТ  
2018

**Нормирование точности** : учебник для вузов / П. Н. Учаев [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. — Старый Оскол : ТНТ, 2018. — 266, [1] с. : ил., табл. — Библиогр. : с. 266—267.

УДК [621.713/.715 + 621.81-187](075.8)

ББК 34

**Чит. зал №1 — 1 экз.**

В издании изложены основные принципы и рекомендации по нормированию точности деталей и узлов машиностроительных конструкций, а также по оформлению конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСПД.

Большое внимание уделено точности размеров, формы и расположения поверхностей, точности размерных цепей, а также точности посадки и шероховатости поверхностей типовых изделий машиностроения, соединений механических передач вращательного движения валов подшипников и др. Кроме того, показаны практическое использование положений курса НТ и перспективы развития науки о точности машиностроительной продукции.

Материал учебника, включая приложения, может быть использован в учебном процессе не только по курсу НТ, но и по другим общетехническим и специальным дисциплинам, а также инженерно-техническими работниками.

Учебник соответствует федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования и предназначен для студентов технических направлений вузов всех форм обучения и ИТР.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
<b>Раздел I. ВВЕДЕНИЕ В КУРС «НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ» .....</b>	<b>10</b>
Глава 1. ЗНАЧЕНИЕ КУРСА «НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ» В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРА-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ .....	10
1.1. Предмет, цель, задачи, методы и содержание курса НТ .....	11
1.2. Связь курса НТ с другими дисциплинами и профессиональной деятельностью .....	12
1.3. Компетентностная модель бакалавра .....	12
1.4. Краткие сведения об истории развития НТ как науки .....	14
<i>Контрольные вопросы</i> .....	16
Глава 2. КАЧЕСТВО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	16
2.1. Общие сведения о качестве продукции .....	18
2.2. Требования к создаваемому изделию. Показатели качества .....	19
2.3. Проблемы образовательно-прикладной дисциплины НТ .....	20
2.4. Уровни качества изделий .....	21
2.5. Стандартизация и унификация изделий по геометрическим параметрам .....	21
2.6. Экономическая эффективность стандартизации .....	23
2.7. Управление качеством изделия на этапах жизненного цикла .....	24
<i>Контрольные вопросы</i> .....	26
<b>Раздел II. ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ .....</b>	<b>27</b>
Глава 3. ТОЧНОСТЬ В МАШИНОСТРОЕНИИ .....	27
3.1. Точность и её виды .....	27
3.2. Погрешности геометрических параметров и причины их появления ...	29
3.3. Принцип взаимозаменяемости и её обеспечение .....	32
3.4. Нормирование точности .....	35
<i>Контрольные вопросы</i> .....	35
Глава 4. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О РАЗМЕРАХ, ОТКЛОНЕНИЯХ И ПОСАДКАХ .....	36
4.1. Номинальный, действительный и предельный размеры. Предельные отклонения. Допуск размера .....	37
4.2. Графическое изображение размеров отверстий и валов и их отклонений.....	40
4.3. Посадки (сопряжения) деталей .....	41
4.4. Понятие о посадках в системе отверстия и системе вала .....	42
<i>Контрольные вопросы</i> .....	45
Глава 5. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК .....	45
5.1. Основные сведения о Единой системе допусков и посадок (ЕСДП) .....	46
5.2. Принципы построения системы допусков и посадок .....	47
5.3. Интервалы размеров. Единицы допуска. Ряды точности. Квалитеты ...	48
5.4. Графическое изображение посадочных размеров, отклонений и интервалов допусков .....	51
<i>Контрольные вопросы</i> .....	53

Глава 6. ПРИМЕНЕНИЕ ЕСДП ДЛЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ПЛОСКИХ СОЕДИНЕНИЙ .....	53
6.1. Образование посадок в ЕСДП и их обозначение на чертежах .....	54
6.2. Методы выбора допусков и посадок .....	58
6.3. Выбор системы посадок: система вала и система отверстия .....	59
6.4. Выбор вида посадок .....	60
6.5. Выбор качества точности .....	61
<i>Контрольные вопросы</i> .....	65
Глава 7. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ .....	66
7.1. Краткие сведения о математической статистике в оценке точности ...	67
7.2. Основы вероятностных расчётов точности изделий .....	69
7.3. Определение наибольших и наименьших вероятностных зазоров или натягов .....	70
7.4. Вероятность появления зазоров и натягов в соединении .....	75
<i>Контрольные вопросы</i> .....	82
Глава 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ .....	82
8.1. Основные сведения о РЦ .....	83
8.2. Задачи расчёта РЦ .....	88
8.3. Методы расчёта РЦ по РД 50-635-87 .....	89
8.4. Выявление РЦ и построение их схем .....	93
8.5. Основы теории расчёта РЦ .....	94
8.6. Решение проектировочной задачи расчёта РЦ .....	97
8.7. Расчёт размерных цепей методом полной взаимозаменяемости .....	98
8.8. Вероятностный метод расчёта размерных цепей .....	103
8.9. Автоматизированный расчёт размерных цепей .....	104
<i>Контрольные вопросы</i> .....	107
Глава 9. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ .....	108
9.1. Система единиц на угловые размеры .....	108
9.2. Нормирование точности угловых размеров .....	109
<i>Контрольные вопросы</i> .....	110

### **Раздел III. ОТКЛОНЕНИЕ И ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ .....**

Глава 10. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ .....	111
10.1. Классификация и обозначение допусков формы поверхностей элементов детали .....	112
10.2. Нормирование точности поверхностей .....	114
10.3. Примеры указания на чертежах отклонений формы поверхностей ...	117
<i>Контрольные вопросы</i> .....	119
Глава 11. УКАЗАНИЕ ТОЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ .....	119
11.1. Понятия о поверхностях, ограничивающих детали, и их размерах ...	120
11.2. Базы для нормирования точности .....	122
11.3. Виды отклонений расположения и условные знаки их допусков ...	124
11.4. Указание отклонений расположения поверхностей конструктивных элементов .....	125

11.5. Примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей .....	130
<i>Контрольные вопросы</i> .....	133
<b>Глава 12. СУММАРНЫЕ ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ</b> .....	134
12.1. Общие сведения. Суммарные отклонения формы и расположения плоскостей .....	135
12.2. Отклонения формы и расположения поверхностей тел вращения и условные знаки их допусков для указания на чертежах. Радиальные биения .....	137
12.3. Торцовые биения .....	141
12.4. Биение в заданном направлении .....	144
12.5. Отклонения форм профиля и заданной криволинейной поверхности .....	144
12.6. Примеры указания на чертежах суммарных допусков формы и расположения поверхностей .....	145
<i>Контрольные вопросы</i> .....	146
<b>Раздел IV. НОРМИРОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ</b> .....	147
<b>Глава 13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ШЕРОХОВАТОСТИ И ВОЛНИСТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ</b> .....	147
13.1. Качество поверхностей деталей .....	148
13.2. Параметры для нормирования шероховатости поверхностей .....	148
13.3. Назначение параметров шероховатости поверхностей .....	151
13.4. Назначение направлений поверхностных неровностей .....	152
13.5. Краткие сведения о методах и средствах измерения параметров шероховатости поверхностей .....	152
13.6. Волнистость поверхностей деталей .....	153
13.7. Влияние шероховатости и волнистости поверхностей на эксплуатационное качество и стоимость обработки детали .....	154
<i>Контрольные вопросы</i> .....	155
<b>Глава 14. ОБОЗНАЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ</b> .....	155
14.1. Знаки и правила обозначения шероховатости поверхностей на чертежах .....	156
14.2. Примеры нанесения на чертежах требований к шероховатости поверхностей .....	158
<i>Контрольные вопросы</i> .....	161
<b>Раздел V. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	162
<b>Глава 15. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОД ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ</b> .....	162
15.1. Конструкция, условные обозначения и точность подшипников качения .....	163
15.2. Интервалы допусков колец подшипников качения .....	164
15.3. Виды нагружения колец. Посадки и интервалы допусков валов и отверстий в корпусах .....	165
<i>Контрольные вопросы</i> .....	168

Глава 16. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА ВАЛ-СТУПИЦА .....	169
16.1. Шпоночные соединения .....	169
16.2. Шлицевые соединения .....	174
16.3. Конические соединения .....	177
<i>Контрольные вопросы</i> .....	182
Глава 17. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ .....	182
17.1. Общие сведения о соединениях с натягом. Условия работы соединений .....	183
17.2. Алгоритм детерминистического расчёта соединений .....	185
17.3. Вероятностный расчёт .....	187
17.4. Выбор оборудования для монтажа и демонтажа соединений .....	190
<i>Контрольные вопросы</i> .....	191
Глава 18. ТОЧНОСТЬ РЕЗЬБЫ И РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	192
18.1. Геометрические параметры и классификация резьбы .....	192
18.2. Принципы обеспечения взаимозаменяемости цилиндрической резьбы .....	195
18.3. Интервалы допусков и посадки для метрической резьбы с зазором, переходных и с натягом .....	197
18.4. Обозначение метрической резьбы на чертежах .....	198
18.5. Интервалы допусков и посадки для трапецеидальной резьбы .....	199
18.6. Интервалы допусков и посадки для упорной резьбы .....	200
18.7. Шероховатость поверхностей резьбовых соединений .....	201
<i>Контрольные вопросы</i> .....	201
Глава 19. ТОЧНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ, ЧЕРВЯЧНЫХ, РЕМЁННЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ .....	202
19.1. Основные сведения о точности зубчатых и червячных передач .....	203
19.2. Точность цилиндрических и конических зубчатых колёс и передач ...	203
19.3. Точность червячных колёс и передач .....	209
19.4. Точность ремённых передач .....	209
19.5. Точность цепных передач .....	211
<i>Контрольные вопросы</i> .....	213
Глава 20. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА .....	213
20.1. Основные направления повышения точности механического привода .....	213
20.2. Основные направления снижения требований к точности механического привода и его составных частей .....	214
<i>Контрольные вопросы</i> .....	216
<b>Раздел VI. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ .....</b>	<b>217</b>
Глава 21. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОД ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ .....	217
21.1. Условия работы и образования жидкостного трения в подшипниках скольжения .....	217
21.2. Допуски формы и расположения поверхностей втулок и вкладышей ...	219

21.3. Рекомендуемые посадки вала в подшипник скольжения .....	221
21.4. Рекомендуемые посадки металлических втулок и вкладышей в корпус .....	221
21.5. Шероховатость поверхностей валов и втулок (вкладышей) .....	222
<i>Контрольные вопросы</i> .....	223
<b>Глава 22. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС</b> .....	223
22.1. Особенности физико-механических свойств пластмасс .....	223
22.2. Рекомендуемые допуски и посадки изделий из пластмасс .....	224
<i>Контрольные вопросы</i> .....	225
<b>Глава 23. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ КУРСА НТ</b> ...	225
23.1. Тематика курсовой работы по НТ .....	226
23.2. Разработка, оформление и защита курсовой работы по НТ .....	226
23.3. Практические задачи, решаемые выпускниками на производстве ...	227
<i>Контрольные вопросы</i> .....	228
<b>Глава 24. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ О ТОЧНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ</b> .....	228
24.1. Пути повышения точности машиностроительной продукции .....	229
24.2. Требования к точности металлорежущих станков и пути их реализации .....	230
24.3. Нормирование точности металлорежущего инструмента .....	231
24.4. Нормирование точности средств измерений и оценки точности измерений .....	232
<i>Контрольные вопросы</i> .....	232
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	233
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	234
1. Физические величины, их условное обозначение, размерность и единицы .....	234
2. Точность изделий машиностроения .....	235
3. Точность соединений типа вал-ступица. Шпоночные и шлицевые соединения .....	242
4. Нормирование точности формы и расположения .....	244
5. Шероховатость поверхностей .....	246
6. Точность типовых деталей машин .....	250
7. Точность подшипников скольжения и посадки изделий из пластмасс ...	253
8. Понятие о позиционном, зависимом и независимом допусках расположения или формы .....	257
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ (С СОКРАЩЕНИЕМ) ПО СОСТОЯНИЮ НА 01.01.2017 г.</b> .....	259
<b>ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ</b> .....	262
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	266