

Когут М.С.

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ
І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ
ПІДРУЧНИК**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Львів

Видавництво “Світ”

2014

УДК 006.86:62–189.2(075.8)

ВВК 30.10я73

К57

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ МОН України від 09.09.2014 р. № 1039)*

Рецензенти:

Столярчук П.Г. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри метрології, стандартизації та сертифікації Національного університету “Львівська політехніка”, м. Львів;

Митрофанов І.І. – ст. викладач вищої категорії, директор вищого професійного училища №29, м. Львів.

Когут М.С.

К57 Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання: підручник / М.С. Когут. – Львів: Світ, 2014. – 400 с.

ISBN 978–966–603–905–0

У підручнику викладені основні положення щодо нормування точності різних видів спряжень, допусків, посадок та технічних вимірювань. Подано перелік необхідних лабораторно-практичних робіт, а також опис універсальних вимірювальних інструментів та контрольних-вимірювальних приладів і засобів, що орієнтовані на використання наявних метрологічних баз закладів професійно-технічної освіти.

Призначений для учнів професійно-технічних навчальних закладів, вищих професійних училищ, професійних ліцеїв та студентів професійно-педагогічних коледжів за професіями: слюсар з ремонту автомобілів, токарь, фрезерувальник, свердлильник, шліфувальник, верстатник широкого профілю. Підручник матиме практичний інтерес серед викладачів, майстрів виробничого навчання та інженерно-технічних працівників і відповідних фахівців машинобудівних і приладобудівних виробництв.

УДК 006.86:62–189.2(075.8)

ВВК 30.10я73

© Когут М.С., 2014.

ISBN 978–966–603–905–0

© Видавництво “Світ”, 2014

ПЕРЕДМОВА

Для розвитку машинобудування, приладобудування, агропромислового комплексу та інших галузей промисловості України має організація виробництва машин, виробів на основі взаємозамінності та стандартизації з використанням надійних засобів технічних вимірювань і контролю, що дозволить випускати продукцію високої якості з найменшими затратами праці.

Мета підручника – навчити фахівців вищих професійно-технічних закладів освіти вмiло користуватися стандартами, правильно призначати допуски та посадки на деталі машин, що проектуються, а також встановлювати норми точності геометричних параметрів, визначати технічні засоби вимірювання для їх контролю.

Для майбутніх фахівців знання систем допусків і посадок, принципів їх назначення для деталей виробів, способів вимірювання їх розмірів є складовою частиною спеціальної підготовки. Окрім цього, вмiло користуватися стандартами та іншими нормативними документами дасть змогу більш ефективно проектувати деталі, вузли, механізми машин, продукцію, що сприятиме їх оновленню та конкурентною здатністю в ринкових умовах.

Підручник підготовлено у відповідності з навчальними програмами дисциплін "Допуски, посадки та технічні вимірювання" та "Допуски та технічні вимірювання" затвердженими НМЦ Міністерства освіти і науки України, який містить три розділи.

У першому розділі "Основи стандартизації, метрології та взаємозамінності. Види спряжень, допуски і посадки" подано лекційний матеріал (20 тем) з основ стандартизації, метрології та взаємозамінності. Великої уваги надано нормуванню точності гладких циліндричних з'єднань за Міжнародною системою ISO та Єдиною системою допусків і посадок (ЄСДП), зокрема ДСТУ 2500-94 (посадки з зазором, посадки з натягом, перехідні посадки). Розглянуто нормування точності підшипників кочення, нарізних з'єднань, шпонкових і шліцьових з'єднань, зубчастих коліс і передач, а також деталей з кутовими розмірами та конусами. Висвітлено нормування відхилів форми та розташування поверхонь деталей, методи розрахунку розмірних ланцюгів, нормування хвилястості та шорсткості поверхонь для різних спряжень.

Мета другого розділу "Лабораторно-практичні роботи з дисциплін "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання" та "Допуски, посадки та технічні вимірювання" – розкрити методики метрологічних

вимірювань за допомогою різних приладів та інструментів, прищепити навички учням з користування цими приладами та сприяти закріпленню лекційного матеріалу. Формули в текстах наведено у кінцевому вигляді без доведень. У описах вимірювальних приладів показано загальний вигляд, їх метрологічні характеристики та принципові схеми з роз'ясненням процедури вимірювання. Способи вимірювань відповідають вимогам державних стандартів України. Основні метрологічні визначення, термінологія та класифікація вимірювальних приладів ґрунтуються на ДСТУ 2681-94.

Завдання третього розділу “Методології вимірювань та контролю деталей універсальними інструментами та приладами” – дати змогу учням за умов безпосереднього виконання контрольної операції з вимірювання заданої деталі (виробу) за допомогою універсальних інструментів і приладів. Подано низку схем, ескізів, рисунків з конкретними поясненнями того чи іншого методу вимірювання або контролю для визначення заданої фізичної величини, її числового значення фахівцями метрологічної сфери. Цей матеріал є доповненням до другого розділу, підготовленого на основі використаних літературних джерел, ДСТУ, а також чинних в Україні ГОСТів.

Терміни та визначення основних понять у матеріалах підручника наведено з ДСТУ 3321:2003 “Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять”

Автор вдячний рецензентам – доктору технічних наук, професору, заслуженому діячу науки і техніки України П.Г. Столярчуку, старшому викладачу вищої категорії І.І. Митрофанову за поради щодо структури та змісту посібника. Автор висловлює подяку інженеру Ю.В. Грушкевичу за комп'ютерний набір матеріалу.

Відгуки та побажання просимо надсилати за адресою: 80381, Львівський національний аграрний університет, вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Україна або завідувачу кафедри машинобудування, доктору технічних наук, професору М.С. Когуту – тел. (8032) 22-42-951.

ПЕРЕДМОВА	3
.....	
Розділ 1. ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ МЕТРОЛОГІЇ ТА ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ. ВИДИ СПРЯЖЕНЬ, ДОПУСКИ І ПОСАДКИ	6
.....	
1.1. Основи стандартизації	6
1.1.1. Предмет стандартизації та коротка історія її розвитку	6
1.1.2. Класифікація видів стандартизації	8
1.1.3. Державна система стандартизації	9
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	9
1.2. Різновиди стандартизації	10
1.2.1. Методи стандартизації	10
1.2.2. Уніфікація продукції	10
1.2.3. Агрегування	11
1.2.4. Комплексна та випереджувана стандартизації	11
1.2.5. Параметрична стандартизація	12
1.2.6. Міжнародні організації зі стандартизації	12
1.2.7. Техніко-економічна ефективність стандартизації	13
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	15
1.3. Порядок розробки стандартів України. Стандарти різних категорій та видів	15
1.3.1. Умови розробки стандартів	15
1.3.2. Визначення різних категорій стандартів	16
1.3.3. Категорії нормативних документів	16
1.3.4. Різновиди стандартів	17
1.3.5. Позначення стандартів і порядок їх впровадження	18
1.3.6. Державний нагляд за стандартами	19
1.3.7. Вітчизняні системи стандартів і державна система стандартизації України	20
1.3.8. Єдина система конструкторської документації	20
1.3.9. Єдина система технологічної документації	21
1.3.10. Єдина система технологічної підготовки виробництва	22
.	
1.3.11. Система розроблення і постачання продукції на виробництво	23
.	
1.3.12. Перелік стандартів для Єдиної системи конструкторської документації: Б1.	24
.	
1.3.13. Класифікація і позначення виробів у конструкторських документах: Б 2.	25
.	

1.3.14	Стандарти, що містять загальні правила виконання креслеників: Б 3	25
1.3.15	Перелік стандартів для виконання креслеників різних виробів: Б 4.....	25
1.3.16	Правила обігу конструкторських документів: облік, зберігання, внесення змін: Б 5.....	26
1.3.17	Перелік стандартів для виконання експлуатаційної і ремонтної документації: Б 6	26
1.3.18	Перелік стандартів для виконання схем: Б 5.....	26
1.3.19	Макетні методи проектування: Б 8.....	26
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	28
1.4.	Основи метрології	29
1.4.1.	Основні терміни та їх визначення.....	29
1.4.2.	Єдність і точність вимірювання.....	31
1.4.3.	Міжнародна система одиниць СІ.....	32
1.4.4.	Міжнародна організація мір і ваг.....	36
1.4.5.	Роль вимірювань і значення метрології.....	38
1.4.6.	Фізична величина.....	38
1.4.7.	Класифікація засобів вимірювання і контролю.....	39
1.4.8.	Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання.....	39
1.4.9.	Методи вимірювання.....	40
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	41
1.5.	Основи взаємозамінності	42
1.5.1.	Взаємозамінність та її види.....	42
1.5.2.	Ряди переважних чисел.....	44
1.5.3.	Види розмірів.....	45
1.5.4.	Граничні відхили . Допуск розміру. Нульова лінія.....	46
1.5.5.	Поняття вала і отвору. Основні вал і отвір.....	47
1.5.6.	Посадка з'єднання. Види і допуски посадок.....	47
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	51
1.6.	Утворення посадок у системі ISO	51
1.6.1.	Одиниця допуску. Квалітет.....	51
1.6.2.	Основні відхили.....	52
1.6.3.	Утворення посадок. Системи основного отвору та основного вала..	55
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	58
1.7.	Калібри. Розрахунок виконавчих розмірів	58
1.7.1.	Призначення та застосування калібрів.....	58

1.7.2.	Схеми розташування полів допусків робочих і контрольних калібрів.....	59
1.7.3.	Розрахунок виконавчих розмірів.....	60
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	62
1.8.	Посадки з зазором	62
1.8.1.	Приклади застосування посадок з зазором.....	63
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	65
1.9.	Посадки з натягом	65
1.9.1.	Приклади застосування посадок з натягом.....	66
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	67
1.10.	Перехідні посадки на ймовірність отримання зазорів і натягів	67
1.10.1	Приклади застосування перехідних посадок.....	67
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	69
1.11.	Взаємозамінність підшипників кочення	69
1.11.1	Основні положення.....	69
	
1.11.2	Утворення і застосування посадок підшипників кочення.....	73
	
1.11.3	Розрахунок посадок підшипників кочення.....	75
	
1.11.4	Позначення на кресленнях посадок підшипників кочення.....	76
	
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	77
1.12.	Взаємозамінність з'єднань з метричною нарізкою. Трапецієподібна нарізь	77
1.12.1	Основні положення.....	77
	
1.12.2	Посадки з зазором.....	79
	
1.12.3	Утворення й позначення посадок.....	83
	
1.12.4	Перехідні посадки.....	84
	
1.12.5	Посадки з натягом.....	85
	
1.12.6	Відхили кроку, кута профілю та їхня діаметральна компенсація.....	87
	
1.12.7	Зведений середній діаметр.....	89
	

1.12.8	Трапецієподібна нарізь.....	89
.		
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	92
	1.13. Взаємозамінність шпонкових з'єднань	92
1.13.1	З'єднання з призматичною шпонкою.....	92
.		
1.13.2	З'єднання з сегментною шпонкою.....	95
.		
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	97
	1.14. Взаємозамінність шліцьових з'єднань з прямобічним профілем	97
1.14.1	Основні положення.....	97
.		
1.14.2	Утворення полів допусків.....	99
.		
1.14.3	Позначення шліцьових з'єднань з прямобічним профілем.....	100
.		
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	102
	1.15. Взаємозамінність шліцьових з'єднань з евольвентним профілем ..	102
1.15.1	Основні положення.....	102
.		
1.15.2	Утворення полів допусків.....	103
.		
1.15.3	Позначення шліцьових з'єднань з евольвентним профілем.....	105
.		
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	106
	1.16. Взаємозамінність циліндричних зубчастих коліс і передач	106
1.16.1	Загальні відомості про зубчасті колеса і передачі.....	106
.		
1.16.2	Кінематична точність.....	108
.		
1.16.3	Плавність роботи зубчастих передач.....	111
.		
1.16.4	Контакт спряжених зубців коліс.....	112
.		
1.16.5	Ступені точності і види спряжень циліндричних зубчастих коліс...	114
.		
1.16.6	Допуски і умовні позначення циліндричних зубчастих передач.....	115
.		
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	115
	1.17. Кутові розміри і допуски	116

1.17.1	Види розмірів та параметри конуса.....	116
1.17.2	Допуски кутів.....	117
1.17.3	Ступені точності допусків кутів.....	119
1.17.4	Допуски і посадки конусів.....	119
1.17.5	Конуси Морзе, позначення кутів і конусів.....	122
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	123
1.18.	Нормування відхилів форми і розташування поверхонь деталей...	123
1.18.1	Відхили форми циліндричних поверхонь.....	123
1.18.2	Відхили форми плоских поверхонь.....	125
1.18.3	Відхили розташування поверхонь.....	126
1.18.4	Залежний і незалежний допуски розташування (форми).....	131
1.18.5	Числові значення допусків форми і розташування поверхонь.....	131
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	134
1.19.	Розрахунок розмірних ланцюгів.....	134
1.19.1	Основні положення.....	134
1.19.2	Обернена задача.....	136
1.19.3	Пряма задача.....	138
1.19.4	Метод компенсації.....	139
1.19.5	Метод регулювання.....	140
1.19.6	Метод припасування.....	142
1.19.7	Теоретико-ймовірний метод розрахунку розмірних ланцюгів.....	142
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	144
1.20.	Хвилястість і шорсткість поверхонь деталей.....	144

1.20.1	Хвилястість поверхонь деталей.....	144
1.20.2	Шорсткість поверхонь деталей.....	146
1.20.3	Позначення шорсткостей поверхонь.....	148
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	152
	<i>Використана література</i>	153
	Розділ 2. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІН “ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ” ТА “ДОПУСКИ, ПОСАДКИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ”	158
	2.1. Загальні вимоги щодо оформлення практичних робіт	158
	2.2. Загальні відомості про технічні вимірювання	159
2.2.1.	Одиниці фізичних величин.....	160
2.2.2.	Засоби вимірювання.....	161
2.2.3.	Методи вимірювання.....	162
2.2.4.	Метрологічні показники засобів вимірювання.....	163
	2.2. Методологія застосування інструментів і засобів у технічних вимірюваннях	164
	Лабораторно-практична робота №1	164
2.3.1.	Вимірювання деталей штангенінструментами.....	164
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	172
	Лабораторно-практична робота №2	172
2.3.2.	Вимірювання деталей мікрометричними інструментами.....	172
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	179
	Лабораторно-практична робота №3	179
2.3.3.	Вимірювання деталей індикаторними інструментами.....	179
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	188
	Лабораторно-практична робота №4	189
2.3.4.	Вимірювання параметрів метричної нарізі і кутів у деталях спеціальними інструментами.....	189
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	197
	Лабораторно-практична робота №5	197
2.3.5.	Контроль деталей калібрами та шаблонами.....	197
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	204
	Лабораторно-практична робота №6	204
2.3.6.	Вимірювання деталей механічними і оптико-механічними засобами підвищеної точності.....	204
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	212

Лабораторно-практична робота №7	213
2.3.7. Вимірювання розмірів і форми деталей та шорсткості їх поверхонь.....	213
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	223
Лабораторно-практична робота №8	223
2.3.8. Вимірювання та контроль параметрів зубчастих коліс.....	223
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	232
Звітні форми до лабораторних робіт	233
<i>Використана література</i>	245
Розділ 3. МЕТОДОЛОГІЇ ВИМІРЮВАНЬ І КОНТРОЛЮ ДЕТАЛЕЙ УНІВЕРСАЛЬНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ ТА ПРИЛАДАМИ	248
3.1. Прилади та засоби для абсолютних вимірювань	248
3.1.1. Вимірювальні металеві лінійки.....	248
3.1.2. Кутники.....	249
3.1.3. Вимірювання деталей штангенциркулем ШЦ-1.....	252
3.1.4. Вимірювання деталей штангенциркулем ШЦ-2.....	254
3.1.5. Вимірювання деталей штангенглибиноміром ШГ.....	255
3.1.6. Вимірювання деталей штангенрейсмусом ШР.....	256
3.1.7. Вимірювання деталей мікрометром МК.....	257
3.1.8. Вимірювання деталей мікрометричним глибиноміром МГ і нутроміром МН.....	261
3.1.9. Калібри та шаблони.....	266
3.1.10. Контроль кутів.....	269
.	
3.1.11. Контроль конусів.....	274
.	
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	277
3.2. Прилади та засоби для відносних вимірювань	278
3.2.1. Вимірювання деталей індикаторною скобою СИ.....	278
3.2.2. Вимірювання деталей індикаторним нутроміром	279
3.2.3. Вимірювання деталей важільним мікрометром МВ.....	281
3.2.4. Мікаторні головки, оптикатори та оптиметри.....	283
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	289
3.3. Прилади та засоби для вимірювань нарізних, шпонкових, шліцьових деталей і зубчастих коліс	289
3.3.1. Контроль нарізі.....	289
3.3.2. Вимірювання середнього діаметра d_2 нарізі нарізним мікрометром зі вставками.....	291

3.3.3.	Контроль шпонкових і шліцьових деталей.....	294
3.3.4.	Контроль товщини зуба і кроку зачеплення зубчастих коліс.....	295
3.3.5.	Контроль довжини спільної нормалі зубчастих коліс.....	298
3.3.6.	Вимірювання розмірів об'єктів довгомірними оптико-механічними машинами.....	301
3.3.7.	Вимірювання розмірів об'єктів інструментальними мікроскопами..	304
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	308
	3.4. Прилади та засоби для контролю шорсткості поверхні.....	309
3.4.1.	Контроль шорсткості поверхні профілометрами та профілографами	309
3.4.2.	Еталони шорсткості поверхні.....	312
3.4.3.	Вимірювання розмірів об'єктів іншими засобами контролю.....	313
3.4.4.	Вимірювання розмірів об'єктів пневматичними приладами.....	316
	<i>Контрольні запитання та завдання</i>	320
	<i>Використана література</i>	320
	Додатки	322

Навчальне видання

КОГУТ Микола Степанович

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ
і ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор *Л. Ключкевич, Е.Главацька*

Художній редактор *І. Шутурма*

Коректор *О. Тростятин*

Формат 60x84¹/₁₆. Папір офс. Гарнітура SchoolBook.
Умов. друк. арк. 23,25. Обл.-вид. арк. 21,00.
Додатковий тираж 22 пр. Зам. 2С.

Державне підприємство
“Всеукраїнське спеціалізоване видавництво “Світ”
79008 м. Львів, вул. Галицька, 22
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 2980 від 19.09.2007

e-mail: office@svit.gov.ua
svit_vydav@ukr.net; www.svit.gov.ua