

Бондаренко С. Г.

**ОСНОВИ
ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

Навчальний посібник

Видавництво ПП «Магнолія 2006»
Львів 2025

УДК 621

Б 81

Гриф надано Міністерством освіти і науки України

Рецензенти:

О. М. Чередніков – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування Чернігівського державного технологічного університету;

В. В. Душинський – кандидат технічних наук, професор кафедри технології машинобудування НТУУ «Київський політехнічний інститут».

Бондаренко С. Г.

Б 81 Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. – Львів: «Магнолія 2006», 2025. – 497 с.

ISBN 966-8340-85-x

Викладено основні поняття і положення технології машинобудування, системні принципи розробки технологічних процесів механоскладального виробництва. Висвітлено основи теорії базування, розмірного аналізу конструкцій та технологій, методи прийняття технологічних рішень, забезпечення якості виробів, підвищення продуктивності і зменшення собівартості продукції.

Призначено для студентів-механіків конструкторсько-технологічної спеціалізації технічних ВУЗів, учнів вищих технічних, професійно-технічних училищ. Може бути корисним для фахівців механо-складального виробництва.

УДК 621

ISBN 966-8340-85-x

© Бондаренко С. Г., 2025

© «Магнолія 2006», 2025

ЗМІСТ

Передмова	10
Основні скорочення	12
1. Виробничий і технологічний процеси	13
1.1. <i>Виробництво та виробничий процес</i>	13
1.2. <i>Структура виробничого процесу</i>	17
1.3. <i>Види виробничих процесів</i>	18
1.4. <i>Технологічний процес та його структура</i>	19
1.5. <i>Типи виробництва і їх технологічна характеристика</i>	27
<i>Запитання та завдання для самоконтролю</i>	30
2. Машина як об'єкт виробництва	31
2.1. <i>Машина та сутність її роботи</i>	31
2.2. <i>Машина і виробничий процес як системи</i>	32
2.3. <i>Ієрархічна структура машини</i>	33
2.4. <i>Службове призначення машини</i>	37
2.5. <i>Підготовка виробництва і виробництво машини</i>	41
2.6. <i>Технологічні вимоги до конструкції машини</i>	45
2.6.1. <i>Технологічність конструкції</i>	45
2.6.2. <i>Оцінка рівня технологічності конструкції</i>	47
Запитання та завдання для самоконтролю	48
3. Виробнича і технологічна системи	50
3.1. <i>Виробнича система</i>	50
3.2. <i>Гнучкість виробничої системи</i>	52
3.3. <i>Система зв'язків виробничого процесу</i>	55
3.4. <i>Керування виробничою системою</i>	59
3.5. <i>Технологічна система</i>	61
3.6. <i>Види технологічних систем</i>	64
Запитання та завдання для самоконтролю	67
4. Технологічне забезпечення якості виробів	68
4.1. <i>Поняття про якість виробів</i>	68
4.2. <i>Якість деталі</i>	71
4.3. <i>Точність обробки</i>	73
4.4. <i>Методи досягнення заданої точності</i>	75
4.4.1. <i>Метод пробних ходів і вимірів</i>	76
4.4.2. <i>Метод автоматичного одержання заданих розмірів за попереднім налагодженням</i>	77

4.5. Різновиди похибок обробки	80
4.6. Розсіювання значень показників якості виробів	81
4.7. Забезпечення якості виробів	85
4.7.1. Основні принципи формування якості виробів	86
4.7.2. Система забезпечення якості виробів	87
4.8. Керування якістю виробів	89
4.8.1. Контроль якості виробів	89
4.8.2. Статистичні методи керування якістю	92
Запитання та завдання для самоконтролю	98
5. Основи розмірного аналізу конструкції і технологічного процесу	99
5.1. Загальні положення розмірних зв'язків	101
5.2. Види розмірних ланцюгів	104
5.3. Розмірний аналіз конструкції та процесу складання	108
5.4. Формування розмірних зв'язків машини	109
5.5. Виявлення складального розмірного ланцюга	112
5.6. Вибір методу досягнення заданої точності складання	116
5.7. Формування розмірних зв'язків деталей	118
5.7.1. Методи задання і одержання розмірів	119
5.7.2. Корпусні деталі	120
5.7.3. Тіла обертання	121
5.8. Основи розмірного аналізу технологічного процесу механообробки	130
5.8.1. Виявлення технологічного розмірного ланцюга	131
5.8.2. Розрахунок технологічного розмірного ланцюга	132
5.8.3. Розрахунок операційного розміру попередньої операції	135
5.8.4. Особливості розрахунку розмірних ланцюгів відносних поворотів	136
5.8.5. Особливості розрахунку розмірних ланцюгів для систем з ЧПК	138
5.8.6. Аналіз операційних розмірних ланцюгів	140
Запитання та завдання для самоконтролю	142
6. Основи базування деталей і заготовок	143
6.1. Основні положення теорії базування	143
6.2. Базування тіл різної форми	146
6.2.1. Базування призматичного тіла	146
6.2.2. Базування циліндричного тіла	147
6.2.3. Базування диска	149
6.3. Види баз	151

6.4. Визначеність і невизначеність базування	155
6.5. Зміна баз	157
6.6. Розробка теоретичної схеми базування	158
6.7. Основи вибору технологічних баз	161
6.7.1. Правила вибору чорнових баз	162
6.7.2. Правила вибору чистових баз	166
6.8. Типові комплекти технологічних баз	171
6.8.1. Базування корпусних і коробчастих заготовок	171
6.8.2. Базування заготовок – тіл обертання	173
6.9. Похибка різних схем базування	176
6.9.1. Похибка базування на площину	176
6.9.2. Похибка базування на зовнішню циліндричну поверхню	177
6.9.3. Похибка базування на отвір	178
6.9.4. Похибка базування на площину і два отвори	179
6.9.5. Похибка базування на центрові отвори	180
Запитання та завдання для самоконтролю	183
7. Формування потрібної точності обробки деталей	184
7.1. Етапи досягнення точності	184
7.2. Похибка установалення заготовки і шляхи її зменшення	185
7.2.1. Способи установалення заготовок при їх обробці	185
7.2.2. Реалізація теоретичної схеми базування	190
7.2.3. Похибка закріплювання	192
7.2.4. Похибки верстатних пристроїв	194
7.2.5. Людський чинник	194
7.2.6. Визначення похибки установалення	195
7.3. Похибка налагодження та шляхи її зменшення	196
7.3.1. Похибки установалення інструментів	197
7.3.2. Похибки установалення верстатних пристроїв	198
7.3.3. Методи та засоби налагодження	200
7.4. Похибка обробки та шляхи її зменшення	208
7.4.1. Похибки від геометричної неточності верстата	208
7.4.2. Похибки від неоднорідної твердості матеріалу оброблюваної заготовки	211
7.4.3. Похибки від коливання величини припусків на обробку	212
7.4.4. Похибки від пружних деформацій елементів технологічного комплексу	214
7.4.5. Похибки від теплових деформацій елементів технологічного комплексу	223
7.4.6. Похибка від розмірного спрацювання різального інструменту	226

7.4.7. Похибка обробки від залишкових напруг у матеріалі оброблюваної заготовки	227
7.5. <i>Виробнича похибка</i>	228
Запитання та завдання для самоконтролю	230
8. Формування потрібних властивостей матеріалу деталі	231
8.1. <i>Показники властивостей матеріалу та поверхневого шару деталі</i>	231
8.2. <i>Формування властивостей матеріалу вихідної заготовки</i>	233
8.3. <i>Формування властивостей поверхневого шару при обробці заготовки</i>	237
8.3.1. <i>Причини утворення шорсткості обробленої поверхні</i>	237
8.3.2. <i>Причини зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару при обробці заготовки</i>	239
8.4. <i>Технологічні чинники, які впливають на якість поверхневого шару</i>	241
8.4.1. <i>Склад, структура та механічні властивості оброблюваного матеріалу</i>	241
8.4.2. <i>Режим різання</i>	242
8.4.3. <i>Матеріал, геометрія, мікрогеометрія та спрацювання різального інструменту</i>	244
8.4.4. <i>Інші чинники</i>	245
8.5. <i>Технологічні методи забезпечення потрібної якості поверхневого шару деталей</i>	246
8.5.1. <i>Методи механічної обробки різанням</i>	246
8.5.2. <i>Методи "зміцнюючої" технології</i>	247
8.5.3. <i>Термічна обробка</i>	252
8.5.4. <i>Хіміко-термічна обробка</i>	256
8.5.5. <i>Наплавлення та напилення поверхні</i>	258
Запитання та завдання для самоконтролю	259
9. Надійність технологічних процесів та систем	260
9.1. <i>Показники надійності</i>	261
9.2. <i>Оцінка надійності технологічних систем</i>	263
9.3. <i>Ризик параметричної відмови технологічної оброблюючої системи</i> ..	267
9.4. <i>Ризик параметричної відмови технологічної складальної системи</i>	269
9.4.1. <i>Визначення ризику за одним точнісним параметром</i>	269
9.4.2. <i>Визначення ризику за декількома точнісними параметрами</i>	271
9.5. <i>Основи керування технологічними процесами та системами</i>	272
9.5.1. <i>Технологічний процес як об'єкт керування</i>	273
9.5.2. <i>Формування рішень при керуванні технологічним процесом</i>	274

9.5.3. Методи і засоби керування технологічним процесом	277
9.5.4. Керування розмірними зв'язками технологічного комплексу	288
9.5.5. Діагностування стану технологічних процесів та систем	290
Запитання та завдання для самоконтролю	298
10. Основи розробки технологічного процесу виготовлення	
машини	299
10.1. Вихідна інформація до розробки технологічного процесу	299
10.2. Види технологічних процесів	300
10.3. Основи системного підходу при розробці технологічного процесу	311
10.4. Основи вибору і прийняття технологічних рішень	318
10.4.1. Основні види технологічних рішень	320
10.4.2. Методи прийняття технологічних рішень	325
10.5. Основні принципи побудови технологічного процесу	328
10.6. Технологічна спадковість	335
10.6.1. Технологічна спадковість при виготовленні деталей	335
10.6.2. Технологічна спадковість при складанні виробів	339
10.7. Методи і стадії розробки технологічного процесу	341
10.8. Оцінка якості технологічного процесу	343
10.9. Тип і організаційна форма виробництва	343
Запитання та завдання для самоконтролю	346
11. Формування технологічного процесу складання машини	347
11.1. Послідовність розробки технологічного процесу складання	347
11.2. Організаційні форми складання	349
11.3. Аналіз технологічності складальної одиниці	351
11.4. Забезпечення точності складальних розмірних зв'язків	353
11.5. Послідовність складання	360
11.6. Зміст і структура складальних операцій	366
11.7. Технологічне спорядження складальних операцій	369
11.8. Особливості технологічного процесу автоматичного складання	378
Запитання та завдання для самоконтролю	385
12. Формування технологічного процесу механічної обробки	
заготовок деталей машин	386
12.1. Послідовність розробки технологічного процесу	386
12.2. Аналіз об'єкта виробництва	386
12.3. Аналіз технологічності конструкції деталі	388

12.3.1. Технологічний контроль креслення	388
12.3.2. Технологічний аналіз конструкції деталі	388
12.4. <i>Визначення основних технологічних задач</i>	399
12.5. <i>Вибір виду і способу одержання вихідної заготовки</i>	400
12.5.1. Технологічні вимоги до вихідних заготовок	402
12.6. <i>Вибір варіанту базування</i>	404
12.7. <i>Визначення комплексу методів і кількості переходів обробки поверхонь</i>	412
12.8. <i>Послідовність обробки елементарних поверхонь</i>	415
12.9. <i>Формування структури технологічних операцій</i>	417
12.10. <i>Формування структури технологічного процесу</i>	431
12.11. <i>Технологічне спорядження операцій</i>	433
12.11.1. Обладнання	433
12.11.2. Верстатні пристрої	434
12.11.3. Різальний і допоміжний інструмент	435
12.11.4. Методи і засоби контролю	437
Запитання та завдання для самоконтролю	438
13. Припуски на обробку	439
13.1. <i>Загальні положення</i>	439
13.2. <i>Нормативний (табличний) метод визначення припусків</i>	440
13.3. <i>Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків</i>	443
13.3.1. <i>Визначення величини складових припуску</i>	443
13.3.2. <i>Визначення проміжних розмірів</i>	453
Запитання та завдання для самоконтролю	455
13.4. <i>Визначення припусків розрахунком технологічних розмірних ланцюгів</i>	455
14. Нормування трудових витрат на виконання технологічного процесу	456
14.1. <i>Структура технічної норми часу</i>	456
14.2. <i>Методи нормування робіт</i>	458
14.2.1. <i>Нормування операції розрахунково-аналітичним методом</i>	459
14.3. <i>Визначення вартості операції</i>	460
14.4. <i>Оцінка техніко-економічної ефективності технологічного процесу</i>	461
Запитання та завдання для самоконтролю	463

15. Технологічні методи підвищення продуктивності і зменшення виробничої собівартості	464
15.1. Скорочення підготовчо-заклучного часу	464
15.2. Скорочення штучного часу	465
15.3. Скорочення основного технологічного часу	465
15.4. Скорочення допоміжного часу	466
15.5. Скорочення часу обслуговування робочого місця	469
15.6. Інші засоби підвищення продуктивності виробництва	471
15.7. Технологічні методи зменшення виробничої собівартості	472
15.7.1. Скорочення витрат на матеріали	472
15.7.2. Скорочення витрат на заробітну платню	475
15.7.3. Скорочення виробничих накладних витрат	476
Запитання та завдання для самоконтролю	476
16. Технологічний потенціал механоскладального виробництва	477
16.1. Технологічні процеси	477
16.2. Технологічне спорядження	478
16.3. Спроможність до нововведень	478
16.4. Кадровий потенціал	479
16.5. Організація та керування технологічним потенціалом	479
16.5.1. Інвентаризація та оцінка технологічного надбання	480
16.5.2. Оптимізація технологічних ресурсів	481
16.5.3. Збагачення технологічного потенціалу	482
16.5.4. Захист технологічного потенціалу	491
16.5.5. Технологічний моніторинг	492
Запитання та завдання для самоконтролю	493
Післямова	494
Використана і рекомендована література	495

Передмова

Машинобудування поставляє техніку всім галузям національного господарства, визначає технічний прогрес країни та суттєво впливає на стан матеріально-технічної бази суспільства.

В процесі виготовлення машини діють певні закономірності.

*Науку, що вивчає закономірності перебігу технологічних процесів виготовлення машин з метою виявлення чинників, впливаючі на які можна інтенсифікувати виробництво з урахуванням споживчого попиту і тенденцій його зміни, називають **технологія машинобудування**.*

Технологія одна з найдинамічніших категорій виробництва, зміни в якій відбуваються як через зміни конструкції виробів, так і через вдосконалення методів їх виготовлення.

Ринкова економіка, що утворилась в Україні, відносин вимагає підвищеного рівня як технології, так і кваліфікації всіх працюючих у машинобудівному виробництві. Сучасний фахівець повинен бути не лише професіоналом, але і діловим, підприємливим, ініціативним, що творчо розв'язує виробничі проблеми.

Сукупність технологічних задач в значній мірі носить неформальний, творчий характер, що обумовлює різноманітність інженерних рішень. Успіх визначається як чітким уявленням всього спектру можливих рішень, так і умінням відібрати з цієї маси найкращі.

При розробці технологічного процесу технолог повинен зв'язати в єдину систему різні чинники:

- виробничі (форма і структура виробництва, розміри партії продукції, об'єм випуску, кваліфікація роботи);*
- планово-економічні (продуктивність праці, собівартість продукції, планово-облікові показники, тривалість виробничого циклу);*
- технологічні (якість продукції, порядок виготовлення, методи дії на продукт, параметри технічних засобів та інше);*
- ринкові (стан ринку, місце підприємства на ньому, технологічний потенціал підприємства, маркетингові дослідження тощо).*

*Широке коло задач, які розв'язуються при розробці і здійсненні технологічних процесів на основі різноманітних технічних знань, привели до виникнення поняття "**системна технологія**", що включає в себе систему технологічних знань, яка використовується при побудові технологічного та виробничого процесів виготовлення машин та їх реалізації.*

*В зв'язку з цим першорядного значення набуває **технологічний менеджмент** – свідоме здійснення технологічної діяльності в конкретних виробничо-економічних і організаційних умовах, способи проведення цієї діяльності, стратегії і форми*

організації прискореного впровадження новітніх технологій, підвищення їх ефективності та постійного приросту нових технологічних знань.

Тому сучасне розуміння поняття "**технологія**" включає систему знань з розробки технологічних процесів, виготовлення і реалізації продукції та методів керування цими процесами.

В результаті не рідко молоді фахівці технологічної спеціалізації не відчують впевненості у системному врахуванні вимог конструкції, технології, виробництва та реалізації продукції на основі досягнень технологічної науки та методів ринкової економіки.

Виною цьому, зокрема, на наш погляд, є нестача літератури з вказаної проблематики, особливо українською мовою. Намаганням заповнити в деякій мірі цю прогалину і є дане видання. Зроблено спробу викласти хоча б загальні методологічні основи системного підходу при розв'язанні різноманітних технологічних задач.

Враховуючи ці особливості, окрім традиційних розділів, зв'язаних із загальними питаннями основ технології, в посібнику викладені основи системного підходу до розробки технологічного процесу, поняття про виробничу і технологічну системи та їх гнучкість, систему зв'язків, що діють при виробництві машини, основні принципи та системи забезпечення якості продукції, основи керування технологічними процесами та системами, основи організації та керування технологіями і технологічним потенціалом механоскладального виробництва тощо.

Автор висловлює подяку О. В. Івашнюву та І. І. Мазій за допомогу при підготовці рукопису до видання. Особлива подяка О. Д. Д'якову за матеріальну підтримку цього проекту.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Станіслав Григорович БОНДАРЕНКО

**ОСНОВИ
ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

Навчальний посібник

Формат 100x70/16.

Папір офсетний. Гарнітура тип Таймс.

Умов. друк. арк. 31,99.

ПП «Магнолія 2006»

м. Львів-53, 79053, Україна, тел. +38 (050) 370-19-57

e-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції: серія ДК № 2534 від 21.06.2006 року, видане Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва «Магнолія 2006»