

Міністерство освіти і науки України

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

АРТЮХ О. М.

Навчальний посібник

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

для студентів спеціальності 133
«Галузеве машинобудування»
(«Експлуатація, випробування та сервіс
автомобілів та тракторів»),
усіх форм навчання

ЧАСТИНА 1



2024

УДК 629.33.023 (075.8)

А 86

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національний університет «Запорізька політехніка»
(Протокол № 7 від 5.03.2024 р.)*

Рецензенти:

Крайник Л. В. – д.т.н., професор, кафедри автомобілів і тракторів Львівського національного університету природокористування (м. Дубляни).

Монастирський Ю. А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту «Криворізького національного університету» (м. Кривий Ріг).

Таран І. О. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті» Національного ТУ «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро).

А 86 **Артюх О. М.** Технологічні основи автомобілебудування.
Частина 1 : навч. посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька
політехніка», 2024. – 344 с.

ISBN 978-617-529-438-3

Навчальний посібник призначений для вивчення студентами процесів проектування, технологій і процесів виготовлення деталей, а також складання вузлів автомобілів, включаючи виробництво кузовів. У даному посібнику наведені основні відомості з класифікації, формотворчих рухів, основних вузлів, устрою ЧПУ металорізальних верстатів. Розглянуто питання налагодження верстата з ЧПУ на виконання технологічної операції. Описані корекції при обробці на верстатах і їх вплив на витримувани технологічні розміри. Велика увага приділяється забезпеченню заданої точності обробки деталей і якості продукції в цілому. Розглянуто методи оптимізації виробництва та підвищення його ефективності. Посібник призначений для студентів які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

УДК 629.33.023 (075.8)

ISBN 978-617-529-438-3

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2024
© Артюх О. М., 2024

ЗМІСТ

Частина 1

Вступ	14
Тема 1. Вступ до курсу. Автомобільне виробництво як провідна галузь машинобудування.....	17
1.1 Розвиток технології машинобудування за кордоном.....	33
1.2 Розвиток науки в галузі машинобудування	37
1.3 Ключові етапи розвитку автомобільної індустрії	44
1.3.1 Перші етапи розвитку автомобільної індустрії.....	45
1.3.2 Становлення автомобільної індустрії провідною галуззю світової економіки.....	47
1.3.3 Сучасні тенденції та виклики для автомобільної індустрії.....	50
1.4 Роль конструктора в технологічному забезпеченні якості автомобіля	51
1.5 Особливості та етапи конструкторсько–технологічної підготовки виробництва автомобілів	56
1.6 Методи, що використовуються під час розроблення технологічних процесів	61
1.7 Основні терміни та визначення виробничого процесу	62
1.8 Типи виробництва.....	65
1.9 Основні форми організації технологічних процесів	66
1.10 Інформаційні технології в підготовці виробництва автомобілів	68
Питання для самоперевірки.....	69
Тема 2. Машинобудівне виробництво як виробнича система.....	71
2.1 Виробничі ресурси підприємства	73
2.1.1 Основні виробничі фонди.....	75
2.1.2 Оборотні засоби підприємства	76
2.1.3 Трудові ресурси.....	78
2.1.4 Кваліфікаційна характеристика	79
2.2 Виробнича структура підприємства	80
2.2.1 Виробнича структура цеху	84
2.2.2 Організаційна структура управління підприємством (цехом)	89
2.3 Організація основного виробництва	

машинобудівного підприємства	100
2.3.1 Виробничий цикл та види руху предметів праці	100
2.4 Організація цехів основного виробництва	101
2.4.1 Технологічний процес та його структура.....	102
2.5 Організація потокових та автоматизованих методів виробництва	104
2.5.1 Особливості потокового методу виробництва	104
2.5.2 Поняття автоматизованого виробництва.....	106
2.6 Організація робочого місця	106
2.7 Виробнича інфраструктура підприємства.....	110
2.7.1 Інструментальне господарство	110
2.7.2 Ремонтне господарство	116
2.7.3 Енергетичне господарство	119
2.7.4 Транспортне господарство.....	122
2.7.5 Вантажопідйомні машини та механізми	125
2.7.6 Експлуатація, огляд та вибраковування пристроїв ...	134
2.7.7 Складське господарство машинобудівного підприємства	136
Питання для самоперевірки.....	144
Тема 3. Технічна підготовка виробництва	145
3.1 Стадії технічної підготовки виробництва	145
3.2 Конструкторська підготовка виробництва.....	146
3.2.1 Етапи конструкторської підготовки виробництва	146
3.2.2 Система конструкторської документації.....	149
3.2.3 Загальні правила виконання креслень	155
3.3 Технологічна підготовка виробництва.....	161
3.3.1 Етапи технологічної підготовки виробництва	161
3.3.2 Система документації з організації технологічної підготовки виробництва.....	162
Питання для самоперевірки.....	166
Тема 4. Конструктивно–складальні елементи машини та основні відомості про обробку металів різанням.....	167
4.1 Виробничий та технологічний процеси у машинобудуванні.....	172
4.2 Основні відомості про обробку металів різанням.....	174
4.2.1 Класифікація металорізальних верстатів	176
4.2.2 Оснастка	179
4.2.3 Ріжучий інструмент	181

4.2.4	Загальні відомості про різьби	183
4.2.5	Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР).....	186
4.3	Основні поняття про слюсарні операції	189
4.3.1	Основні поняття про токарну обробку металів	193
4.3.2	Основні поняття про свердління	201
4.3.3	Основні поняття про фрезерування.....	205
4.3.4	Основні поняття про шліфування.....	206
4.3.5	Основні поняття про протягування	209
4.3.6	Основні поняття про стругання	211
4.3.7	Основні поняття про зуборізання	213
	Питання для самоперевірки.....	216
Тема 5.	Структура технологічних процесів виготовлення деталей.	217
5.1	Основні фактори, що впливають на побудову технологічного процесу	227
5.2	Вихідні дані для проектування технологічного процесу обробки деталі.....	230
5.3	Принципові основи проектування технологічних процесів	233
5.3.1	Вихідні умови, яким має задовольняти технологічний процес	233
5.3.2	Масштаб виробництва та його вплив на виробничий процес	234
5.3.3	Визначення кількості деталей у партії при серійному виробництві	240
5.3.4	Поточне виробництво та особливості його технологічних процесів.....	245
5.4	Концентрація та диференціація технологічних процесів	251
5.5	Послідовність обробки	261
5.6	Загальні принципи технології обробки деталей.....	265
5.6.1	Розробка конструктивних форм деталі	265
5.6.2	Загальна характеристика технологічних процесів	267
5.6.3	Формоутворення при обробці на металорізальних верстатах	271
5.6.4	Методи отримання утворювальної та напрямної лінії.....	273
5.6.5	Методи утворення поверхонь при різних способах обробки.....	275

5.6.6	Поняття про налаштування верстатів.....	279
5.6.7	Методи одержання заданих розмірів.....	280
5.6.8	Похибки налаштування.....	284
	Питання для самоперевірки.....	284
Тема 6.	Технологічність конструкції виробу. Бази у машинобудуванні.....	286
6.1	Якісна оцінка технологічності конструкції виробу	297
6.2	Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу... ..	298
6.3	Виробнича технологічність виробів	301
6.4	Базування та бази у машинобудуванні.....	309
6.4.1	Класифікація баз	314
6.4.2	Правила вибору баз.....	316
6.4.3	Похибка базування.....	325
6.4.4	Опори та їх позначення.....	332
	Питання для самоперевірки.....	339
	Література	341

Частина 2

Вступ	351	
Тема 7.	Види заготовок для деталей машин та способи їх виготовлення.....	354
7.1	Загальні положення щодо вибору заготовок.....	354
7.2	Методи виготовлення заготовок. Характеристика конструктивних, технологічних та економічних параметрів заготовок	355
7.3	Однорідність матеріалу заготовок.....	359
7.4	Техніко–економічне обґрунтування вибору заготовок..	360
7.5	Попередня обробка заготовок	364
7.5.1	Термообробка заготовок	364
7.5.2	Очищення заготовок перед механічною обробкою ..	365
7.5.3	Виправлення заготовок	366
7.5.4	Відрізка заготовок	367
7.5.5	Центрування заготовок	378
7.6	Класифікація параметрів поверхневого шару деталей та їх характеристика.....	380
7.7	Вплив якості поверхневого шару матеріалу на експлуатаційні властивості деталей машин	388

7.8	Управління формуванням поверхневого шару деталей машин	398
	Питання для самоперевірки.....	400
Тема 8.	Технологічні розмірні ланцюги. Припуски на обробку деталей машин	401
8.1	Види технологічних розмірних ланцюгів	401
8.2	Основні поняття та визначення, які належать до теорії розмірних ланцюгів	402
8.3	Розрахунок похибки замикаючої ланки розмірного ланцюга	404
8.4	Методи досягнення точності замикаючої ланки.....	405
8.5	Припуски на обробку деталей машин	409
8.5.1	Основні поняття та визначення	410
8.5.2	Основні фактори, що впливають на величину припуску	416
8.5.3	Методи визначення припусків на обробку.....	427
8.5.4	Розрахунок довжинних технологічних операційних розмірів із застосуванням теорії графів	429
8.6	Основні причини похибок при механічній обробці.....	438
8.6.1	Похибки кінетичної схеми обробки	438
8.6.2	Вплив похибок виготовлення ріжучого інструменту та пристроїв на точність обробки	440
8.6.3	Вплив на точність обробки температурних деформацій верстата.....	441
8.6.4	Вплив на точність обробки температурних деформацій різального інструменту.....	442
8.6.5	Вплив на точність обробки температурних деформацій оброблюваних заготовок	443
8.6.6	Вплив на точність обробки розмірного зносу різця..	445
8.6.7	Вплив на точність обробки внутрішніх напруг у заготовках.....	447
8.6.8	Жорсткість технологічної системи та її вплив на точність обробки	448
8.6.9	Визначення сумарної похибки механічної обробки .	453
8.7	Статистичні методи дослідження якості виробів.....	453
	Питання для самоперевірки.....	463
Тема 9.	Вибір та розрахунок режимів різання. Забезпечення	

точності механічної обробки	465
9.1 Загальні вимоги, яким має задовольняти режим різання	465
9.2 Призначення періоду стійкості ріжучого інструменту ..	466
9.3 Теоретичні положення щодо призначення режимів різання.....	466
9.4 Загальні положення щодо оптимізації режиму різання .	473
9.4.1 Вибір економічного режиму різання	475
9.4.2 Вибір режиму різання найбільшої продуктивності ..	475
9.5 Вибір та розрахунок режиму різання при багатоінструментній обробці.....	478
9.6 Забезпечення точності механічної обробки	479
9.6.1 Методи налаштування верстатів	479
9.7 Розрахунок режимів різання, які забезпечують потрібну якість обробки	483
9.8 Управління процесом обробки	487
Питання для самоперевірки.....	499
Тема 10. Конструкція і принципи роботи сучасного верстата з ЧПУ.....	500
10.1 Основи числового програмного управління	500
10.1.1 Особливості устрою та конструкції фрезерного верстата з ЧПУ	502
10.1.2 Функціональні складові (підсистеми) ЧПУ	504
10.1.3 Підсистема приводів	506
10.1.4 Підсистема зворотного зв'язку	509
10.1.5 Функціонування системи ЧПУ	512
10.1.6 Мови для програмування обробки	514
10.2 Основи програмування обробки.....	515
10.2.1 Прямокутна система координат	515
10.2.2 Написання простої управляючої програми	517
10.2.3 Створення УП на персональному комп'ютері.....	519
10.2.4 Передача управляючої програми на верстат	524
10.2.5 Перевірка управляючої програми на верстаті.....	525
10.3 Верстатна система координат.....	531
10.3.1 Нульова точка верстата та напрями переміщень	531
10.3.2 Нульова точка програми обробки та робоча система координат	535
10.3.3 Компенсація довжини інструменту	540

10.3.4	Абсолютні та відносні координати.....	541
10.3.5	Коментарі в УП та карта наладки.....	543
10.4	CAD/CAM	546
10.4.1	Методи програмування.....	546
10.4.2	Що таке CAD та CAM?.....	547
10.4.3	Загальна схема роботи з CAD/CAM–системою	548
10.4.4	Види моделювання.....	549
10.4.5	Рівні CAM–системи	552
10.4.6	Геометрія та траєкторія.....	553
10.4.7	Алгоритм роботи у CAM–системі	554
10.4.8	Вибір стратегії та інструменту, призначення параметрів обробки.....	557
10.4.9	Бекплот та верифікація	563
10.5	Постпроцесування.....	565
10.5.1	Передача УП на верстат з ЧПУ	568
10.5.2	Асоціативність	570
10.5.3	П'ятикоординатне фрезерування та 3D–корекція	571
10.5.4	Високошвидкісна обробка (ВШО)	573
10.5.5	Вимоги до сучасної CAM–системи	575
10.6	Управління верстатом з ЧПУ	577
10.6.1	Органи управління.....	577
10.6.2	Основні режими роботи.....	579
10.6.3	Індикація системи координат	581
10.6.4	Встановлення робочої системи координат.....	582
10.6.5	Алгоритм знаходження нульової точки деталі по осі Z	582
10.6.6	Алгоритм знаходження нульової точки деталі по осях X і Y.....	584
10.6.7	Алгоритм знаходження нульової точки в центрі отвору.....	585
10.6.8	Вимірювання інструменту та деталі.....	586
10.7	Корисні програми	588
10.7.1	Моніторинг ЧПУ.....	588
10.7.2	Редактор УП Cimco Edit 7.....	595
10.7.3	Сімейство сучасних CAM–систем «Техтран».....	598
	Питання для самоперевірки.....	606
	Література	608

Частина 3

Вступ	619
Тема 11. Основи технічного нормування у машинобудуванні.....	622
11.1 Поняття про технічні норми часу та норми виробітку ..	622
11.2 Цілі та завдання технічного нормування	625
11.3 Зв'язок технічного нормування з технологією, організацією, плануванням виробництва, заробітною платою та собівартістю продукції	626
11.3.1 Технічне нормування та технологічні процеси виготовлення виробів.....	626
11.3.2 Технічне нормування та організація праці.....	627
11.3.3 Технічне нормування та оплата праці	627
11.3.4 Технічне нормування та заводське планування на виробництві.....	628
11.3.5 Технічне нормування та собівартість продукції	629
11.4 Методи нормування.....	630
11.5 Класифікація витрат часу на робочому місці.....	634
11.6 Структура норми часу та її елементи	639
11.7 Основна формула технологічного часу та її перетворення для різних верстатних робіт	641
11.8 Визначення допоміжного часу	644
11.9 Визначення часу обслуговування робочого місця	645
11.10 Визначення підготовчо–заключного часу.....	646
11.11 Визначення часу на відпочинок та природні потреби ...	646
11.12 Нормування робіт при багатOVERСТАТНОМУ обслуговуванні.....	647
11.13 Загальні положення щодо економічної оцінки технологічних процесів механічної обробки	659
11.14 Критерії для оцінки техніко–економічної ефективності технологічних процесів механічної обробки.....	660
Питання для самоперевірки.....	662
Тема 12. Методика вибору способів обробки поверхонь деталей і комповновки технологічних операцій процесу виготовлення деталі	664
12.1 Визначення послідовності виконання операції.....	664
12.2 Види та форми технологічних карт.....	671

12.3	Порядок заповнення маршрутної та операційної карт ..	672
12.4	Оформлення карт операційних ескізів	683
12.5	Проектування маршрутних технологічних процесів складання вузлів і машин	690
12.6	Послідовність проектування технології складання	691
12.7	Розмірний аналіз конструкцій під час складання	692
12.7.1	Методи досягнення точності замикальної ланки.....	692
12.8	Складальні розмірні ланцюги.....	693
12.9	Методи розрахунку розмірних ланцюгів	698
12.9.1	Основні розрахункові формули	700
12.10	Послідовність розрахунків розмірних ланцюгів (пряме завдання)	703
12.11	Створення схеми складання	706
12.12	Проектування маршрутної технології	710
	Питання для самоперевірки.....	715
Тема 13.	Технологічні особливості виготовлення агрегатів та вузлів автомобілів	717
13.1	Виготовлення деталей типу корпусів	720
13.1.1	Загальні відомості про деталі типу корпусів.....	720
13.2	Технологічність конструкції деталей типу корпусів	725
13.3	Загальні технологічні особливості деталей типу корпусів	728
13.3.1	Технологічні особливості поршнів.....	730
13.3.2	Технологічні особливості головок блоків	735
13.3.3	Технологічні особливості блоків циліндрів	737
13.4	Виготовлення заготовок для деталей типу корпусів.....	738
13.5	Контроль заготовок деталей типу корпусів	745
13.6	Загальні зауваження про механічну обробку деталей типу корпусів	747
13.7	Особливості механічної обробки поршнів	757
	Питання для самоперевірки.....	760
Тема 14.	Технологічні особливості виготовлення деталей двигунів внутрішнього згоряння	761
14.1	Обробка блоків двигунів.....	761
14.1.1	Обробка блоків із застосуванням автоматичних ліній	766
14.1.2	Обробка отворів у блоках	773
14.1.3	Обробка головок блоків двигунів	778

14.2	Технологічні особливості конструкцій колінчастих валів	779
14.2.1	Виготовлення заготовок колінчастих валів.....	783
14.2.2	Механічна обробка колінчастих валів.....	786
14.2.3	Балансування колінчастих валів.....	800
14.2.4	Контроль колінчастих валів.....	802
14.3	Виготовлення шатунів	802
14.3.1	Технологічні особливості конструкцій шатунів	802
14.3.2	Виготовлення заготовок шатунів	805
14.3.3	Механічна обробка шатунів.....	808
14.3.4	Контроль шатунів	811
	Питання для самоперевірки.....	815
Тема 15.	Технологія виготовлення кузовів і кабін автомобілів	817
15.1	Штамповка кузовних деталей.....	824
15.1.1	Матеріали використувані для виготовлення кузовних деталей.....	824
15.1.2	Загальна характеристика кузовних деталей	828
15.1.3	Основи розроблення технологічних процесів штампування	837
15.1.4	Технологія штампування і застосовуване штампувальне оснащення.....	857
15.1.5	Обладнання, засоби механізації та автоматизації.....	863
15.1.6	Точність штампованих деталей	875
15.1.7	Організація робіт у пресових цехах.....	880
15.2	Складання–зварювання.....	883
15.2.1	Особливості з'єднань деталей у кузові та види зварювання	884
15.2.2	Розробка технологічних процесів складання–зварювання	896
15.2.3	Обладнання та організація робіт у цехах складання–зварювання.....	902
15.2.4	Встановлення навісних складальних одиниць	927
15.2.5	Контроль якості.....	932
15.3	Фарбування та нанесення спеціальних покриттів.....	937
15.3.1	Матеріали покриттів	938
15.3.2	Підготовка до фарбування.....	940
15.3.3	Технологія нанесення лакофарбових і спеціальних покриттів	943

15.3.4	Сушіння.....	959
15.3.5	Контроль якості.....	964
	Питання для самоперевірки.....	968
Тема 16.	Складання автомобілів як завершальний етап їх виготовлення.....	970
16.1	Особливості складальних процесів, методи забезпечення надійності якості виробу	976
16.1.1	Побудова складальних операцій.....	981
16.1.2	Організація складання.....	983
16.1.3	Технічний контроль	985
16.1.4	Випробування.....	985
16.2	Види складальних з'єднань. Засоби механізації складальних операцій	987
16.3	Автоматизація складальних процесів та агрегатно-модульний метод компонування обладнання	995
16.3.1	Розвиток транспортних систем ліній складання	1002
16.3.2	Ускладнення структур і компоновок НСЛ.....	1002
16.3.3	Модульний принцип	1004
16.3.4	Гнучкі складальні центри	1006
16.4	Основи проектування автоматизованих процесів складання	1012
16.4.1	Вибір раціонального маршруту складання	1012
16.4.2	Вибір раціонального маршруту складання виробу .	1013
16.4.3	Вибір рівня автоматизації процесу складання та структурно-компоновальних схем обладнання.....	1015
	Питання для самоперевірки.....	1015
	Література	1017

ВСТУП

В усьому світі саме автомобілебудування вважається провідною галуззю машинобудування, що чинить істотний вплив на розвиток низки суміжних галузей та економіку країн загалом. Такі галузі промисловості, як металургійна, нафтохімічна, приладобудівна, електротехнічна та електронна, текстильна, гумовотехнічна тісно пов'язані з виробництвом автомобілів, тому розвиток автомобілебудування сприяє створенню нових робочих місць, нових підприємств, а, отже, стимулює технічний прогрес загалом.

Сьогодні в автомобілебудуванні зайнято понад 50 млн. осіб у світі, понад 120 млн. осіб працюють у суміжних виробництвах. У США, наприклад, кожен шостий, хто працює в промисловості, а це приблизно 12,5 млн. осіб, прямо чи опосередковано пов'язаний із виробництвом, продажем, експлуатацією, технічним обслуговуванням автомобілів. Щорічні інвестиції в автомобілебудування США перевищують 30 млрд. дол. США.

Саме автомобілебудування сприяло перетворенню США, Японії, Франції, Італії, Англії, Південної Кореї на високорозвинені промислові країни. Зараз цим шляхом ідуть Чехія, Словаччина, Китай, Іспанія та інші країни, оскільки саме виробництво автомобілів, крім зайнятості населення, ще й підвищує товарообіг, зміцнює грошову систему, сприяє створенню нових товарів і послуг.

Автомобілебудування має особливе значення для розвитку економіки тому що, одне робоче місце на автомобільному заводі створює щонайменше 8 робочих місць у суміжних галузях. Таким чином, розвиток автомобілебудування має не просто галузеве, а державне значення.

Автомобілебудування, також як авіакосмічна галузь і військово–промисловий комплекс, є тією галуззю, де споживають і розробляють наукомісткі технології, а за умов масового виробництва – автомобілебудування навіть перевершує інші передові галузі виробництва.

Успішна реалізація продукції на світовому ринку залежить від конструкції, експлуатаційних параметрів і якості автомобілів, тобто від технічного рівня самої галузі машинобудування. Тому зусилля фахівців, що працюють в автомобілебудуванні країни, мають бути спрямовані не тільки на збільшення випуску, а насамперед на

забезпечення надійності, безпеки, довговічності автомобілів, скорочення матеріалоемності, трудомісткості та енерговитрат під час виготовлення, зниження собівартості продукції, підвищення екологічної безпеки під час експлуатації та подальшої утилізації машин.

Ці проблеми вирішуються шляхом розроблення досконалих конструкцій автомобілів, застосування досконалих технологій під час їхнього створення та раціональних методів організації й управління виробничими процесами.

Удосконалення конструкцій машин потребує і безперервного вдосконалення технології їхнього виробництва, застосування сучасного високопродуктивного устаткування, новітніх засобів механізації та автоматизації виробничих процесів. Від технології виробництва багато в чому залежить надійність продукції, що випускається, та її собівартість.

Вивчення і використання функціональних, конструктивних і технологічних параметрів автотранспортних засобів під час проектування дасть змогу конструкторам знизити трудомісткість їхнього виготовлення, скоротити строки освоєння і постановки виробництва нової продукції.

Конструктор має вміти використовувати новітні досягнення науки і техніки для отримання найкращих параметрів виробу з найменшими витратами під час його виготовлення. Для цього слід орієнтуватися на маловідходні виробництва, застосування сучасних технологій і автоматизованих засобів підготовки виробництва.

Особливість автомобілебудування полягає в тому, що за великосерійного характеру виробництва та численності модифікацій машин існує необхідність швидкої зміни моделей для підвищення конкурентоспроможності продукції, що слід враховувати ще на стадіях проектування технологічних ліній виробництва, розроблення конструкції автомобіля та його вузлів.

Поділ завдань проектування і виробництва виробів уже не відповідає вимогам сьогодення, оскільки не може забезпечити ні високої якості проектів, ні сучасного рівня організації виробництва.

Зараз проектування виробів, технологій їх виготовлення і підготовка виробництва ведуться практично одночасно. У процесі проектування виробів виокремлюється основна інформація, яка одночасно використовується для розроблення технологічних процесів,

підготовки та організації виробництва. Особливо цьому сприяє використання потужної комп'ютерної техніки. Паралельне розроблення різних етапів проектування вимагає від проєктанта хороших технологічних знань. Виникає необхідність у підготовці висококваліфікованих фахівців з проектування зі знаннями технологічної науки. Тому у цьому посібнику увага приділяється питанням взаємозв'язку конструкції виробів з методами обробки деталей та їх складання.

З огляду на швидкозмінні вимоги ринку необхідно забезпечувати не тільки високу продуктивність технологічного обладнання, а й можливість його переналагодження під наступне покоління розроблюваних автомобілів. У зв'язку з цим сьогодні велика увага приділяється створенню автоматизованих виробничих систем, які можна переналагоджувати і реконфігурувати.

До появи гнучких систем, автоматизація виробничих процесів обмежувалася, в основному, масовим виробництвом. Однак зі зменшенням життєвого циклу автомобілів унаслідок науково-технічного прогресу і зі збільшенням номенклатури продукції, що виготовляється, виникла потреба у створенні таких виробництв, які забезпечували б виготовлення деталей невеликими партіями за умови збереження продуктивності, якості та собівартості, притаманних багатосерійному виробництву, тобто створювали б умови для розвитку реконфігуруємих виробничих систем, на основі яких будувалися би нові сучасні машинобудівні заводи.

Такі автоматизовані системи проєктування і виготовлення виробів особливо ефективні в умовах динамічного виробництва, пов'язаного з багаторазовими переналагодженнями технологічного обладнання.

Кадрові та сировинні ресурси України, її величезний науково-технічний потенціал можуть стати базою створення високоєфективних конструкцій автомобілів нових поколінь, сучасних виробничих та інформаційних технологій.

Всі ці питання знайшли відображення в цьому посібнику.

ТЕМА 1. ВСТУП ДО КУРСУ. АВТОМОБІЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ПРОВІДНА ГАЛУЗЬ МАШИНОБУДУВАННЯ

Широке поширення і застосування всіляких машин, створення їхніх працездатних конструкцій стали можливими тільки на базі розвитку відповідних галузей наук. Складні машини, які створюються з багатьох взаємопов'язаних механізмів, вимагали під час їх проектування, виготовлення та експлуатації теоретичних розробок і науково–обґрунтованих рекомендацій.

Машинобудування є базою для всієї промисловості в цілому, і як галузь існує вже понад двісті років. За кількістю зайнятих працівників і вартістю продукції, що випускається, це провідна галузь світової промисловості. Саме тому для будь–якої країни рівень розвитку машинобудування є одним із найважливіших показників розвитку економіки.

Машинобудування являє собою комплекс галузей промисловості і в свою чергу містить у собі підгалузі, які виготовляють засоби виробництва (верстатобудування, інструментальне виробництво та ін.), транспорту (локомотиво– і вагонобудування, суднобудування, авіабудування, автомобілебудування та ін.), оборонну продукцію і предмети споживання.

Розвиток сучасної техніки безпосередньо пов'язаний зі створенням і застосуванням нових конструкційних матеріалів, які мають високу міцність, корозійну стійкість, жароміцність та інші фізико–механічні і технологічні властивості.

Нині технологія обробки заготовок деталей машин вступила в нову стадію свого розвитку, що характеризується системним комплексним підходом до вирішення виробничо–технічних завдань, які дедалі більше ускладнюються, на базі широкого використання різних спеціальних методів обробки та обчислювальної техніки.

Наука в галузі машинобудування розвивається за двома напрямками: перший характеризується розробленням теорії проектування машин; другий – розробленням проблем виготовлення машин.

Під час розроблення нових машин у конструкторів має бути

повна впевненість у тому, що виготовлені машини забезпечуватимуть ті функції, для яких їх призначено, з необхідною точністю і продуктивністю. Вирішення цих питань вимагає відповідних досліджень як окремих деталей машин і вузлів, так і натурних випробувань машин і конструкцій.

Узагальнення результатів таких досліджень призводить до розробки наукових засад проектування та експлуатації різних машин, що є предметом першого напрямку.

Цей напрям у навчальному процесі технічних вишів представлено курсами «Теоретична механіка», «Опір матеріалів», «Теорія машин і механізмів», «Деталі машин». Усі вони входять до комплексу загальнотехнічних дисциплін.

Другий напрям науки в галузі машинобудування розвивався на базі аналізу різних способів обробки металів. Відповідно до різних використовуваних у практиці способів виготовлення деталей формувалися різні галузі науки, такі як теоретичні основи ливарного виробництва, теорія оброблення металів тиском, основи зварювання, теорія розрахунку і проектування інструментів, теорія різання, проектування металорізальних верстатів і роботів, технологія машинобудування.

Безперервний розвиток виробництва машин, різноманітних механізмів, приладів, пристроїв тощо, висуває дедалі вищі вимоги до технології машинобудування взагалі, та методів виготовлення конкретних деталей зокрема.

І крім того, починаючи з другої половини ХХ ст., виникла необхідність підвищення престижу інженерної професії, яка відіграє ключову роль у прискоренні науково-технічного прогресу. У цей час почалася відома девальвація професії, буденністю стали приниження її функцій, невисокий рівень оплати праці тощо. Тому значна частина здібної молоді неохоче вступала до технічних вишів. Престижними вважалися, та й сьогодні в принципі вважаються професії юриста, економіста, банківського службовця, фахівця в галузі державного та муніципального управління тощо.

Неабиякою мірою це пов'язано і з тим, що сьогодні інженерними називають багато видів праці, які такими по суті своїй не є. З'явилася величезна кількість посад, які отримали назву інженерних, але не мають жодного або мають мало стосунку до власне інженерної діяльності (інженер ЖЕКу, інженер з техніки безпеки, постачання,

кадрів тощо).

Звичайно, збільшення оплати інженерної праці – також необхідний захід для підвищення престижу професії інженера в суспільстві. Але саме по собі це ще не вирішує проблему. Інженер з перших днів професійної діяльності повинен мати можливість реалізувати свої творчі потенції в самостійній роботі, займаючись не паперотворчістю, а справжньою інженерною діяльністю. Він має стати інженером–дослідником, розробником.

Нині престиж інженера повільно, але підвищується, збільшується конкурс під час вступу молоді на інженерні спеціальності вишів, але цього ще явно недостатньо.

Окрім всього вищесказаного, слід відзначити те, що деякі інженери, а також студенти технічних спеціальностей вважають, що для розвитку інженерної діяльності як такої, мають значення лише найостанніші досягнення науки і техніки і що історія їм не потрібна.

Однак така думка неправильна. Без глибокого вивчення історії інженерної, технічної та наукової діяльності неможливо посправжньому зрозуміти і сьогоденні проблеми, які стоять перед ними, тим паче що інженер – це не вузький технічний фахівець. Його рішення і діяльність мають величезний вплив на соціальне середовище, на саму людину. Саме через усвідомлення історії своєї професії майбутній інженер може долучитися до найвищих досягнень людської культури в цій галузі, зрозуміти своє місце в сучасному світі.

Отже як що поглянути на історію розвитку машинобудування, то можна стверджувати що вже у XVIII–XIX ст. промисловість поступово переходить на машинобудівні рейки: спочатку до машинного виробництва, а потім і до виробництва самих машин за допомогою машин. У мануфактурний період машини застосовуються лише спорадично і в принципі можуть бути замінені роботою живих сил.

Головна умова життя людини – виробництво матеріальних і культурних благ, за допомогою яких люди задовольняють свої потреби. У процесі виробництва використовуються всілякі машини.

Історія розвитку машинобудування показує, що темпи технічного процесу безперервно зростають, скорочується час від появи технічної ідеї до її реалізації, від винаходу до широкого застосування технічних засобів.

Зростання темпів технічного прогресу можна простежити, розглядаючи, наприклад, історію розвитку такої галузі машинобудування, як суднобудування. Усі судна давнини були гребними і рухалися за допомогою весел. У середні віки (XIII–XIV ст.) на зміну весловим суднам прийшли вітрильні, які панували на морях до XIX ст.

У 1807 р. перший пароплав «Клермонт» здійснив рейс із Нью-Йорка до Олбані й назад. У 1897 р. англійці побудували перші турбінні міноносці. У 1900 роках вже були побудовані перші теплоходи, а витрата нафти на теплоходах була в 5 разів меншою, ніж на пароплавах. У 1959 р. в СРСР було побудовано перший у світі атомний криголам «Ленін».

Таким чином, гребні судна панували на морях протягом кількох тисяч років, а вітрильні – кілька сотень. За останні 160 років у суднобудуванні спостерігається спорудження пароплавів із паровою машиною і турбіною, теплоходів, дизель–електроходів і, нарешті, атомних суден.

Зростання темпів технічного прогресу можна проілюструвати також такими прикладами: з моменту відкриття електричного струму (Гальвані) наприкінці XVIII ст. до створення першої електростанції минуло близько століття. У 1942 р. було створено перший малопотужний атомний реактор Фермі. Минуло лише 12 років до пуску в СРСР першої атомної електростанції (1954 р.). Якщо ідея створення телефону була сформульована в 1829 р., а здійснена в дослідному зразку через 56 років, то радіо пройшло цей шлях за 35, радар – за 15, телевізор – за 14, лазер – за 9, транзистор – за 5 років.

Особливо інтенсивними були темпи освоєння повітряного і космічного простору. Шлях від першого літака, що піднявся на 30 м, до космічного корабля людство пройшло за півстоліття. Здивоване людство 4 жовтня 1957 р. почуло про те, що на орбіту навколо Землі виведено з радянського космодрому перший штучний супутник Землі.

Потім у космічний календар Радянського Союзу золотими літерами були вписані такі славні події, як перша людина – Юрій Гагарін – у космосі, політ першої жінки–космонавта, перший багатомісний космічний корабель, груповий політ двох кораблів, вихід людини в космічний простір, посадка космічних апаратів на Місяці та Венері, обліт Місяця непілотованими космічними кораблями, експерименти зі створення орбітальних станцій із

кораблями «Союз», запуск і успішна робота автоматично керованої станції на Місяці – «Луноход-1» і «Луноход-2». Усе це було зроблено менше ніж за 20 років. Сьогодні американські компанії І. Маска та Д. Безоса вже планують польоти на Венеру, Марс та інші планети.

Конструкції машин безперервно вдосконалюються. Заміна машин новими найчастіше відбувається тому, що забезпечуються більша економічність, продуктивність, поліпшуються умови праці.

Так, у 1814 р. було створено перший паровоз, який старанно служив людству 150 років. У 1955 р. виробництво паровозів у Радянському Союзі було повністю припинено. Паровоз виявився менш економічним, ніж електровоз і тепловоз.

Шлях прогресу в машинобудуванні охоплює також безперервне розширення виробництва машин, що працюють за високих швидкостей, навантажень, тисків і температур. Стрімке, неухильне зростання швидкостей спостерігається в будь-якій галузі машинобудування. Зміна максимальної швидкості серійних автомобілів за 100 років відбулася з 15÷20 км/год у 1900 роках до 250÷400 км/год у 2000 роках.

Поряд зі швидкохідністю зростає потужність машин. Зростання енергоозброєності праці є необхідною умовою підвищення її продуктивності. До XVIII ст. людина, як правило, сама приводила в дію знаряддя праці або використовувала тварин, малопотужні водяні колеса. Поява парових машин, турбін, двигунів внутрішнього згоряння, електроенергії дала людству необмежені потужності, дала змогу створювати високопродуктивні потужні машини, як-от крокувальні екскаватори, турбіни, підймальні крани тощо.

З метою підвищення продуктивності праці, забезпечення необхідних умов для інтенсивного протікання процесів, що здійснюються в машині, інженери йдуть шляхом збільшення таких параметрів, як тиск, температура тощо. Наприклад, апаратура для синтезу алмазів забезпечує температуру понад 2 000°C і тиск близько 6 000 МПа.

При вирішенні деяких технічних завдань машинобудівники використовують також низькі температури, високі ступені розрядження.

З розвитком техніки машини стають дедалі складнішими, збільшується кількість деталей як з механічними елементами (валами, зубчастими колесами, важелями та ін.), так і з гідравлічними,

пневматичними, електричними та електронними елементами. Зростають вимоги до швидкості керування машинами, їхньої надійності та довговічності. Однак фізіологічні особливості людини обмежують швидкість реакції.

Експерименти показують, що час реакції людини коливається від 0,1 до 1,5 с. За ручного керування це в багатьох випадках є недостатнім. Тому актуальним стає завдання автоматизації процесів управління за допомогою швидкодіючих електронних пристроїв, що володіють швидкістю реакції незмірно більшою, ніж реакція людини.

Наприклад, в авіації збільшення швидкості і висоти польоту літака вимагало повної автоматизації основних функцій управління. Це призвело до розширення застосування електронної апаратури, а отже, і до збільшення кількості деталей у ній. Якщо на літаках випуску 1940÷1945 рр. застосовували електронну апаратуру, що складалася з 2 000 деталей, то зараз їх кількість перевищує 100 000.

Для порівняння зауважимо, що приймач А.С. Попова складався з десятка радіодеталей. Тому на перший план висувається проблема надійності, оскільки зі збільшенням числа елементів вимоги до надійності кожного з них сильно зростають.

Незважаючи на велику різноманітність застосовуваних машин, вони складаються найчастіше з деталей і вузлів, що мають принципово однакові значення, які доцільно оформляти у вигляді стандартних елементів. Стандартизація полягає у зведенні великої кількості різноманітних типів і розмірів однойменних деталей до доцільно обмеженого їх числа, що зумовлює можливість організації масового виробництва стандартизованих деталей найбільш прогресивними методами. Стандартизація технічних умов і методів випробування деталей машин сприяє поліпшенню їхньої якості, підвищенню працездатності та довговічності. Застосування стандартних деталей і вузлів скорочує терміни і трудомісткість освоєння нових машин, полегшує експлуатацію машин, спрощує ремонт, оскільки непридатні стандартні деталі легко замінюються.

У СРСР існували *державні стандарти (ГОСТ)*, обов'язкові до застосування в усіх галузях народного господарства. Вони діють і зараз. Стандарти ретельно відпрацьовуються і перед прийняттям широко обговорюються. Розвиток стандартизації йшов від окремих конструктивних елементів (кріпильні деталі тощо) до нормалізації вузлів загального застосування (підшипники, насоси тощо).

Подальшим логічним розвитком цього методу стала розбивка машин на окремі нормалізовані групи. У разі потреби ці групи – вузли – легко переналагоджуються, утворюючи поєднання, які найповніше задовольняють вимогам отримання максимальної продуктивності.

Найважливішою передумовою стандартизації є широке застосування переважних чисел. Рядами переважних чисел рекомендується користуватися в усіх галузях народного господарства під час установаження лінійних розмірів виробів, чисел обертів тощо.

Стандарти охоплюють не тільки основні параметри, технічні умови і методи випробування всіляких виробів, а й правила виконання відповідних технічних документів. Так, наприклад, затверджено такі державні стандарти: єдина система конструкторської документації (ЄСКД) і єдина система технологічної документації (ЄСТД).

Єдина система конструкторської (ЄСКД) і технологічної (ЄСТД) документації – це комплект державних стандартів, що встановлюють правила і положення щодо порядку розроблення, оформлення та обігу документації, яку розробляють і застосовують підприємства. Єдині правила виконання документів забезпечують можливість взаємного обміну документами між організаціями без їхнього переоформлення, спрощують форми документів і графічних зображень, що знижують трудомісткість проектно–конструкторських розробок. Державні стандарти позначаються індексами ДСТУ і номером із додаванням (через дефіс) двох цифр, що вказують рік затвердження або перегляду стандарту.

Існують також різні міжнародні стандарти (ISO та ін.), які дають змогу здійснювати кооперацію між державами технікою, технологіями тощо.

Історія техніки переконливо показує, що поряд із розвитком конструкції машин безперервно вдосконалюються і способи їх виготовлення, створюються нові процеси обробки, відповідне обладнання, змінюються форми організації виробництва.

Першими знаряддями праці, використовуваними людиною, були кам'яні знаряддя. Вони були крихкими, часто ламалися, а виробнича діяльність людей, що розширювалася, вимагала міцніших знарядь. У III–I тис. до н.е. на зміну каменю прийшли мідь і олово, а потім бронза, яку виплавляли з них.

Знаряддя, виготовлені з бронзи, були міцними, але їм не вистачало твердості й гостроти кам'яного знаряддя. Тому знаряддя з

бронзи не могли витіснити кам'яні.

Розвиток техніки вимагав створення такого матеріалу, який поєднував би в собі міцність бронзи і твердість каменю. Таким матеріалом стало залізо. Подальший розвиток знарядь у цей період гальмувався тим, що в розпорядженні людини не було потужної рухової сили.

Природні енергетичні ресурси (вода, вітер) мали незначне застосування. Заміна м'язової сили людини і тварин енергією води і вітру, широке застосування в якості двигуна водяного і вітряного коліс припадає в основному на період феодалізму. Сила води і вітру стала застосовуватися на лісопилках, у гарматних і рушничних майстернях, для приводу млинів, відкачування води з копалень, підйому руди з шахт тощо.

У середні віки виробництво продукції було мистецтвом окремих ремісників, майстрів. Кожен робітник мав уміти робити всі операції, пов'язані з продукцією його цеху. Усі технічні знання вони тримали в таємниці. На пошуках цих таємниць і спочивала сила середньовічної ремісничої праці. На зміну ремісничому виробництву прийшов мануфактурний період. Він ознаменувався тим, що виробництво було розділене на низку операцій, і кожна операція виконувалася особливим робітником. Це призвело до відповідної диференціації знарядь праці та пристосування їх до певних операцій мануфактурного виробництва. Так на початку XVIII ст. на збройових заводах вже був розвинений поділ праці, за якого окремі операції ручної ремісничої праці виокремлювали як самостійні й виконували окремі робітники. Сукупно праця часткових робітників давала готовий виріб – рушницю.

У 1715 р. у виробничому процесі виготовлення рушниці брали участь майстри тринадцяти спеціальностей. Майстри ствольної справи склалися із зварників, які виготовляли чорнову заготовку стовбура (заварювали ствол); окремішників, які оздоблювали стовбур, розточували його канал за заданим калібром, проводили зовнішнє оздоблення; присетників, які присікали до стовбура вушка для кріплення до ложі й прицільних пристосувань. Інша група майстрів займалася виготовленням рушничних замків, частина з них спеціалізувалися на виготовленні чорнових заготовок частин замка, а інші – на оздобленні заготовок і збиранні. Група майстрів спеціалізувалася на виготовленні багнетів – це кувальники,

точильники, присадники та окремішники. Складанням усіх частин рушниць займалися ложеві майстри.

Диференціація виробничого процесу в мануфактурному виробництві на окремі операції сприяла спрощенню і спеціалізації інструментів, створенню і застосуванню верстатів. Наприклад, у збройовій техніці на збройовому заводі насамперед стали механізувати такі операції, як розсвердлювання каналу ствола, зовнішнє обточування, обточування багнетів і багнетних трубок. На верстаті можна було обробити 16 стволів на добу замість двох при ручній роботі. Однак кількість майстрів, які обслуговують верстати, не перевищувала 10 % від загальної кількості робітників.

У цей період верстати були порівняно простими. Використовували головним чином свердлильні та токарні верстати.

Ріжучий інструмент (різці) під час роботи, як правило, утримувався руками. Робота на таких верстатах вимагала великої майстерності й фізичної сили і не забезпечувала високої точності обробки та продуктивності праці.

Основним технічним засобом тоді під час обробки металів був ручний токарний верстат, під час роботи на якому робітник тримав різець у руках і переміщував його в напрямі, що відповідає формі оброблюваної поверхні.

Тому на верстаті необхідно було мати механізм, який тримав би різець і замінив би таким чином руку людини під час здійснення процесу різання. Таким механізмом став супорт токарного верстата.

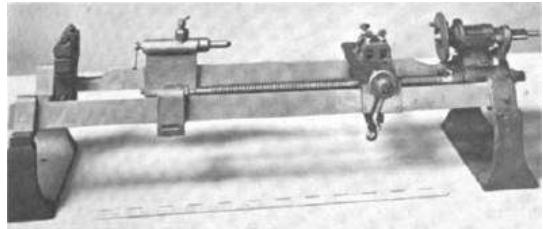
Величезні можливості, що відкрилися перед промисловістю із запровадженням робочих машин і універсального двигуна, могли реалізуватися лише остільки, оскільки машинобудування було здатне постачати всім галузям промисловості спеціальні машини, до того ж у великих кількостях.

Тим часом техніка виготовлення машин, що існувала в середині XVIII ст., навіть у найбільш передових країнах була ручною, успадкованою від мануфактурного періоду. Машини вироблялися повільно, у невеликих кількостях і обходилися вкрай дорого.

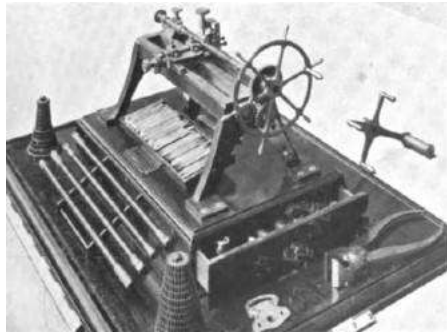
Ручна праця не могла вирішити багатьох технічних завдань, які почали виникати в машинобудуванні за зростання складності машин, збільшення їхніх потужностей і точності роботи механізмів.

Початок зміні техніки виготовлення машин поклав англійський механік Генрі Модслі. У 1794 р. Модслі побудував працездатний

токарний верстат на чавунній станині з самохідним супортом, а в 1797 р. – токарно–гвинторізний верстат зі змінним ходовим гвинтом.



1797 рік



1800 рік

Рисунок 1.1 – Англійський механік Генрі Модслі та його токарно–гвинторізні верстати

Основна особливість їх полягала в тому, що інструмент (різець) став частиною машини. Його затискали в супорті, який і відтворював необхідні робочі рухи, що раніше виконувалися вручну. Це дало змогу обробляти всілякі деталі машин легко, точно і швидко. За технічну основу верстата було взято конструкцію верстата Андрія Нартова.

Ще у 1716 р. Нартов винайшов механізований супорт, принцип дії якого не змінився до сьогоднішнього дня. Створення супорта дало можливість перейти від ремесла до мануфактури і великої машинної промисловості, виробляти машини за допомогою машин.

Токарно–гвинторізний верстат Модслі виявився незамінною машиною в будь–якій токарній роботі, що дало змогу швидко і в необхідних кількостях випускати машини для всіх галузей

промисловості і транспорту.

Впровадження верстатів і машинних інструментів дало змогу вивести потужність знарядь праці далеко за межі фізичних можливостей людини. Якщо раніше робітник–ремісник тримав інструмент у руках і не міг через фізичні особливості розвивати великі зусилля, то застосування машин зняло ці обмеження. Це дало змогу різко підняти потужності верстатів і забезпечити зростання продуктивності праці.

Прикладом можуть слугувати важкі токарні верстати, різці яких можуть знімати стружку перерізом до 120 мм^2 , що відповідає навантаженню на різець близько 15...20 тс. Перетин державки такого різця доходить до $80\div 100 \text{ мм}$, а довжина – до 800 мм. Виготовляються протяжні верстати з тяговим зусиллям 100 тс, карусельні верстати заввишки з триповерховий будинок тощо.

Робітник–ремісник не міг одночасно вести обробку заготовки кількома інструментами. Впровадження верстатів і машинних інструментів дало змогу подолати і це, створити й успішно експлуатувати машини з великим числом інструментів, з великим числом «залізних рук». Так, для збільшення продуктивності праці під час обробки отворів застосовують багатошпиндельні свердлильні верстати, кількість шпинделів у яких сягає кількох десятків. Використання багатошпиндельних свердлильних верстатів, у яких кількість шпинделів і відстань між ними можуть змінюватися в певних межах, дає змогу переналагоджувати верстат на обробку різних заготовок.

Під впливом потреб виробництва різних деталей машин, що розширюються, безперервно змінюються і вдосконалюються металорізальні верстати та інструменти. Створення нових верстатів та інструментів, використання нових схем обробки є одним із шляхів підвищення ефективності обробки деталей машин, що можна помітити з історії розвитку зуборізного виробництва.

Відомо, що спочатку зубчасті колеса виготовляли за допомогою лиття. Коли ж потрібна була більша точність, був розроблений метод обробки копіюванням за допомогою дискової фасонної зуборізної фрези або пальцевої фасонної фрези. Фреза має профіль, що відповідає западині оброблюваного колеса. Після фрезерування однієї западини заготовку за допомогою ділильної головки повертають на один зуб і проводять обробку наступної западини. Цикл повторюють

доти, доки не будуть оброблені всі западини зубів. Оскільки в процесі обробки періодично відбувається поділ заготовки на зуб, цей метод називають іноді методом ділення.

Метод обробки коліс копіюванням панував дуже довго і зараз має неабияке поширення в ремонтних цехах під час виготовлення великомодульних коліс, а також під час одиничного виробництва коліс. Приблизно до кінця XIX ст. зуборізна дискова фреза перестала задовольняти зрослим вимогам промисловості і точністю, і продуктивністю. У момент появи дискової фрези режими різання були такими, що безпосередній машинний час був набагато більшим за допоміжний час ділення заготовки на наступний зуб. При цьому продуктивність в основному визначалася ріжучою здатністю фрези. Удосконалення фрез спричинило відповідне підвищення режимів різання.

Це призвело до того, що допоміжний час став чинити величезний вплив на продуктивність і став гальмувати подальший розвиток і підвищення продуктивності праці. З метою підвищення продуктивності можна було б знизити допоміжний час завдяки створенню спеціальних пристосувань і автоматів – шлях, що широко застосовується в промисловості.

У даному випадку історія розвитку техніки пішла іншим шляхом і призвела до створення абсолютно нового методу безперервного оброблення зубчастих коліс – методу обкатки, який дав змогу різко підвищити продуктивність і точність оброблення зубчастих коліс.

На зміну дисковій фрезі прийшла черв'ячна модульна фреза, яка і на сьогоднішній день є найпоширенішим зуборізним інструментом.

Під час обробки коліс черв'ячними модульними фрезами допоміжний час на ділення заготовки взагалі виключається, процес характеризується безперервною обробкою всіх западин зубчастого колеса. Спрощується експлуатація інструменту, оскільки однією черв'ячною фрезою можна обробляти кориговані і некориговані, прямозубі і косозубі циліндричні колеса різних чисел зубів одного модуля.

Дискові фрези призначені для обробки зубчастих коліс, що мають певне число зубів. Застосувати одну дискову фрезу для обробки коригованих і некоригованих, прямозубих і косозубих циліндричних коліс не представляється можливим.

Черв'ячна фреза призвела до появи спеціального зубофрезерного верстата, що працює за методом обкатки. Зі зростанням вимог до точності обробки зубчастих коліс на початку ХХ ст. черв'ячна фреза не в змозі була забезпечити необхідну якість обробки зубчастих коліс.

У цей період з'являється два нових методи обробки коліс за допомогою зуборізних гребінок і довбаків, які перевершують черв'ячну фрезу за точністю евольвентного профілю колеса, що нарізається. З появою зубодовбальних і зубостругальних верстатів у виробництві зубчастих коліс, зокрема в автомобілебудуванні, почав спостерігатися процес заміни верстатів зубофрезерних, верстатами зубодовбальними і зубостругальними.

З 1932 р. швидко поширюється в зуборізному виробництві шевінгування для остаточного оброблення незагартованих зубчастих коліс на зубошевінгувальних верстатах. Поява шевінгування мала значний вплив на технологію обробки зубчастих коліс. Було застосовано досконаліші методи термічної обробки (цементация, ціанування, загартування струмами високої частоти), що забезпечують отримання коліс без значного викривлення зубів. У зв'язку з впровадженням процесу шевінгування зросла роль черв'ячної фрези.

Точність, яку дає черв'ячна фреза, цілком задовольняє вимогам, що висуваються до коліс, які піддаються шевінгуванню. Оскільки обробка коліс черв'ячними фрезами є продуктивнішою порівняно з обробкою довбаками, впровадження шевінгування призвело до заміни зубодовбальних верстатів на зубофрезерні.

Таким чином, поява розглянутих нових типів зуборізних верстатів і різальних інструментів внесла істотні зміни в технологічний процес виготовлення зубчастих коліс.

Винахід і створення нових типів верстатів і різального інструменту відбувається безперервно, це викликано прагненням підвищити продуктивність праці під час оброблення всіляких деталей, відповідно до заданих технічних умов на їх виготовлення.

Верстата та інструменти, що використовуються у виробництві, не тільки впливають на технологію виготовлення виробів, а й певною мірою впливають на конструктивні форми деталей.

Під час проектування будь-якої машини необхідно аналізувати технологічність конструкції, тобто аналізувати конструкцію машини, яка повинна забезпечувати задані експлуатаційні показники і вимагати для свого виготовлення менших витрат часу, праці та коштів у

конкретних умовах даного виробництва. Вирішення цього завдання під силу тільки конструктору, добре знайомому з можливостями сучасної технології. Тому конструктор повинен бути в постійній співпраці з технологами.

Слід враховувати, що не тільки методи обробки впливають на конструкцію деталей всіляких машин, а й розвиток машинобудування впливає на розвиток способів обробки і конструкції металообробних верстатів та інструментів. Наприклад, створення реактивних двигунів змусило машинобудівників розробити способи обробки лопаток, що мають складну фасонну поверхню, створити нові верстати та інструменти. Безперервно розширюється виробництво машин, що працюють за високих навантажень, швидкостей і температур, що призвело до необхідності обробки деталей, виготовлених із жароміцних сталей і сплавів. Обробка цих матеріалів звичайними методами вкрай скрутна. Тому знадобилося створення нових методів обробки, що поєднують механічний, тепловий, хімічний та електричний вплив.

Однією з прогресивних тенденцій розвитку металорізальних верстатів та інструментів є розробка і використання нових інструментальних матеріалів, що дають змогу збільшувати швидкості різання і, відповідно, підвищувати продуктивність праці.

До початку ХХ ст. основним інструментальним матеріалом була вуглецева інструментальна сталь. Інструменти, виготовлені з цього матеріалу, працювали зі швидкостями різання близько $5\div 10$ м/хв.

Подальший розвиток інструментальних матеріалів призвів до появи швидкорізальної сталі. Інструменти зі швидкорізальної сталі дали змогу підвищити швидкості різання до $30\div 40$ м/хв. Подібне підвищення швидкості різання не могло не позначитися на конструкції металорізальних верстатів, які стали більш жорсткими і масивними. Груповий трансмісійний привід був замінений у цей період індивідуальним електроприводом.

Подальший вплив на прогрес машинобудування мало застосування як матеріалу ріжучих інструментів твердих сплавів. Тверді сплави для різання металів вперше демонстрували на Лейпцизькій промисловій виставці 1927 р. У перший період поширення тверді сплави успішно застосовували під час обробки чавуну. Під час обробки сталі тверді сплави почали застосовуватися особливо широко в роки Великої Вітчизняної війни і в післявоєнний

період. Застосування твердих сплавів дало змогу підвищити швидкості різання в 6...10 разів порівняно зі швидкостями інструментів зі швидкорізальної сталі.

Таке різке збільшення швидкості різання настійно вимагало створення нових металорізальних верстатів та інструментів, що відповідають можливостям нового інструментального матеріалу.

У результаті застосування твердосплавних інструментів і підвищення швидкостей різання час, що витрачається на здійснення безпосередньо процесу обробки, різко скоротився.

У цих умовах час допоміжних процесів (установлення і закріплення заготовки, зняття деталі, керування верстатом) став чинити великий вплив на продуктивність праці. Наприклад, на одному із заводів під час токарного оброблення деталі швидкорізальними різцями машинний час дорівнював 9,6 хв, а допоміжний час – 5 хв. Впровадження швидкісного різання дало змогу підвищити швидкість різання в 10 разів і скоротити машинний час до 1 хв.

У результаті протягом 8 годин токар мав сам фізично працювати 400 хв, а верстат – тільки 80 хв, тобто просте підвищення швидкості різання шляхом упровадження твердосплавних інструментів перетворює роботу на верстаті майже на суцільну ручну працю.

Необхідність різкого збільшення продуктивності праці змушує звернути увагу на можливості скорочення допоміжного часу (на закріплення і знімання деталі, пуск верстата, його підналагодження тощо). Найефективнішим засобом, що забезпечує скорочення допоміжного часу, є автоматизація виробництва, де всі функції верстатника замінюються технічними засобами, створеними на основі досягнень науки. Перехід до автоматизації став можливим у результаті розроблення й освоєння виробництва автоматів і напівавтоматів, потокових і автоматичних ліній.

З'єднання в одне ціле окремих машин–автоматів і механічних транспортних пристроїв дало змогу отримати технічну систему великої продуктивності. Однак ефективно працювати така система може тільки при повному навантаженні. Сьогодні гнучкі автоматизовані виробництва (ГАВ) успішно використовуються при серійному і дрібносерійному багатонаменклатурному виробництві.

Створення автоматичних ліній (АЛ) і ГАВ зажадало від ріжучого інструменту нової якості, так званої розмірної стійкості, тобто виникла вимога обробляти деталі в межах допусків протягом

певного періоду часу, наприклад, зміни інструменту без його зняття з верстата. Вирішуючи це завдання, інструментальники розробили різні конструкції інструментів, зокрема інструменти з переміщуваною, оновлюваною ріжучою кромкою, інструменти з автоматичним підналагодженням – регулюванням на розмір у процесі роботи автомата або лінії, пристрої або автоматичної заміни зношеного інструменту, інструменти з налагодженням на розмір поза верстатом.

Проблема автоматичної зміни інструменту також становить значний інтерес. Її вирішення дає можливість працювати на автоматах без зупинок їх для налагодження, підвищити режими різання, не боячись зниження стійкості інструментів, і отримати відповідне підвищення продуктивності. У цьому випадку необхідно мати строго взаємозамінний інструмент і його безналагоджувальні державки.

Переваги спеціальних автоматів і автоматичних ліній великі, але є у них і недоліки. Головний недолік – їхній консерватизм, неуніверсальність, що не дає можливості швидко переходити від обробки одного типу деталі до іншого. Вимоги швидкого переналагодження і високого завантаження за широкої автоматизації, які висувуються до верстатів, виконуються при впровадженні верстатів із програмним керуванням. Такі верстати за автоматичної роботи залишаються універсальними, оскільки програма їхньої роботи легко записується і відтворюється. Перспективним завданням є створення комплексно-автоматизованого виробництва на базі верстатів з програмним керуванням і електронних обчислювальних машин з автоматичним транспортуванням заготовок і зміною оброблюваних заготовок, зміною інструментів, а також з автоматичною підготовкою керуючої інформації. Для досягнення цієї мети необхідно докласти значних зусиль. Говорячи про розвиток техніки виробництва всіляких машин, можна спробувати уявити собі машинобудівне підприємство майбутнього. Звичайно, єдиної думки з цього питання немає.

Майбутнє покаже, який шлях виявиться більш перспективним. Одне безсумнівно. Будуючи надійно працююче, повністю комплексно-автоматизоване виробництво, інженери повинні сміливо використовувати вигоди, переваги, які відкриваються при застосуванні незвичайних для сучасного виробництва рішень, якщо вони дадуть великий економічний ефект.

Сучасне виробництво створювалося з урахуванням того, що

поруч із верстатом завжди стояв робітник. Тому, наприклад, зону встановлення заготовок і їх зняття вибирали на зручній для обслуговування висоті, що відповідає зросту людини. Із цих же міркувань приймалося горизонтальне планування, тобто верстати в цеху встановлювалися на одній горизонтальній площині. У комплексно–автоматизованому виробництві ці обмеження будуть зняті. З'явиться можливість будувати верстати нижчі або, навпаки, вищі, з більш різноманітним об'ємним компонуванням, що необхідно буде розумно використовувати. Це одне із завдань машинобудівника майбутнього.

1.1 Розвиток технології машинобудування за кордоном

Основним напрямком розвитку технології машинобудування за кордоном слід вважати автоматизацію процесів. Впровадження автоматизації полегшується широким розвитком спеціалізації та кооперування виробництв. У США верстатобудівні, автомобілебудівні та інші підприємства провідних галузей промисловості використовують 65÷70 % покупних деталей і вузлів. Це дає підприємствам можливість значно підняти серійність виробництва і широко використовувати для обробки деталей автоматичні лінії.

Широке впровадження автоматизації у виробництво значно змінило кількісне співвідношення між виробничими робітниками і службовцями в бік підвищення відсотка службовців. Останнє висунуло проблему механізації праці службовців. У США за останні 50 років при загальному зростанні промислового виробництва в 6 разів кількість робітників збільшилася на 80 %, а службовців – на 400 %. Тепер службовців у США налічується понад 8 млн, а кількість заводських робітників лише в 1,5 рази перевищує кількість службовців. В інших економічно розвинених країнах з кожних п'яти працюючих один службовець. Це спричинено інтенсивним впровадженням у сферу управління швидкодіючих електронно–обчислювальних машин (ЕОМ) і пакетів прикладних програм.

За останні 10 років за зростання промислового виробництва в США на 25 % випуск засобів механізації конторських і технічних робіт зріс на 250 %. За вартістю продукції та чисельністю працюючих ця галузь випередила в США верстатобудування і виробництво

сільськогосподарських машин.

В Англії темпи зростання цієї продукції в 10 разів випереджають зростання всього промислового виробництва. Аналогічне становище має місце у Франції, Німеччині, Італії та інших країнах. Досвід зарубіжних підприємств показує, що максимальні результати дає комплексне використання засобів механізації та автоматизації праці службовців.

За кордоном – відпрацьовані стандартні комплексні системи підготовки і передачі інформації для введення в обчислювальні машини, зокрема в галузі розрахунків із заробітної плати, руху товарних мас, матеріально-технічному постачанні та збуту. За допомогою ЕОМ виконується тепер основна частина операцій, пов'язаних з роботою складів: враховується щоденне надходження і відправлення матеріалів, напівфабрикатів і запасних частин; відпрацьовується добовий план відвантажень, перевіряється його виконання; визначається вартість поставок; складаються зведення тощо. Впровадження керуючих машин сприяє підвищенню стабільності перебігу виробництва, поліпшенню якості продукції, що виготовляється, використанню сировини і матеріалів.

Незважаючи на вживані зусилля, щоб підвищити серійність виробництва і таким чином забезпечити можливість широкого впровадження у виробництво автоматизації, значна частина виробництва, як і раніше, має дрібносерійний і навіть індивідуальний характер. Це спонукало фахівців до розроблення нових типів обладнання та вишукування нових форм організації виробництва, що забезпечують впровадження автоматизації і на цих підприємствах.

Для розв'язання цього завдання в другій половині ХХ ст. були створені й успішно впроваджені у виробництво верстати з програмним керуванням (ЧПУ). На першій стадії розвитку цього обладнання це були звичайні універсальні верстати, обладнані системою програмного керування.

Нині конструкція верстатів із програмним керуванням дедалі більшою мірою набуває своїх власних форм і схем роботи. Розвиток верстатів з програмним керуванням йде в напрямку спрощення керування верстатами і розширення їхніх технологічних можливостей.

Розширення технологічних можливостей здійснюється шляхом проектування так званих багатоцільових верстатів, верстатів з інструментальними магазинами, верстатів, забезпечених декількома

інструментальними головками, тощо. Сучасні верстати з програмним керуванням дають змогу обробляти з економічним ефектом партії, що включають лише кілька деталей.

Нині в машинобудуванні успішно використовують верстати з трьох– і п'ятикоординатним керуванням, багатоцільові обробні центри (ОЦ), гнучкі автоматизовані комплекси (ГАК) тощо.

Встановлено, що верстати з ЧПУ і ОЦ економічно вигідно застосовувати тільки в тому разі, якщо вони будуть повністю завантажені протягом двох змін, адже обладнання окупає себе тільки тоді, коли воно працює, тобто з верстата «сходить» стружка.

Нині зусилля фахівців спрямовані на створення автоматичних систем, що включають кілька верстатів із програмним керуванням і пристосованих для обробки дрібних партій деталей певної групи. Ці автоматичні системи за своєю суттю представляють автоматизовану групову обробку деталей. Це дає можливість підвищити завантаження верстатів.

Другим важливим напрямком, за яким іде розвиток технології машинобудування за кордоном, є інтенсифікація технологічних процесів. Створюються нові матеріали для ріжучого інструменту, здатні витримувати високі змінні навантаження; розробляються нові методи кріплення пластин із твердих сплавів замість припаювання з метою запобігання появи мікротріщин у пластинах; створюються нові інструменти, оснащені твердими сплавами, і нові методи підведення мастильно–охолоджувальних рідин до зони різання з метою підвищення інтенсивності охолодження; проводять дослідження із застосування вібрацій інструменту з метою підвищення режиму оброблення; застосовують віброгасителі не лише для чищення, але і для чистки деталей. Значну увагу приділяють підвищенню швидкості шліфувальних кругів. З цією метою вишуковують нові сполучні матеріали і розробляють особливі методи кріплення кругів на шпинделі. Встановлено, що ослаблення круга визначається наявністю центрального отвору. Деякі фірми досягли хороших результатів шляхом кріплення круга без центрального отвору між фланцями за допомогою болтів.

Інші фірми застосовують круги зі зміцненням навколо центрального отвору. Стверджується, що ці заходи дають змогу застосовувати швидкості для кругів з будь–якими зв'язками і структурами близько 120...180 м/с і до 300 м/с.

Ведуться роботи з підвищення швидкості різання під час такого процесу, як протягування. Нині вже працюють протяжні верстати зі швидкістю 60 м/хв, а у верстатах, що перебувають у процесі виготовлення, передбачають швидкості в 90 м/хв. Тут слід зазначити, що намітилася тенденція ширшого застосування протягування замість стругання, фрезерування, довбання і розгортання. Особлива увага приділяється безперервному протягуванню.

Третім напрямком слід вважати всебічний розвиток процесів із застосуванням як ріжучих матеріалів природних і штучних алмазів, а також кубічного нітриду бору (КНБ). Широке застосування цих матеріалів як для лезового, так і для абразивного оброблення зумовлене їхньою високою ефективністю.

Однією з найважливіших сфер застосування алмазів у техніці є використання їх як абразивного матеріалу в алмазних кругах. До найважливіших видів робіт, які виконують алмазні круги, належать: шліфування й заточування ріжучих інструментів, оснащених твердими сплавами; шліфування твердосплавних деталей штампів, деталей машин і приладів; оброблення виробів із кольорових матеріалів (алюміній та його сплави, латунь, бронза, титан та його сплави, нікелеві сплави, скло, кварц, кераміка, корунд) та інших твердих матеріалів, що застосовуються в машинобудуванні.

Продуктивність алмазних кіл і алмазних паст приблизно в 4 рази вища, ніж кіл з карбіду кремнію і звичайних паст, крім того, якість обробки вища.

Крім цього, під час обробки алмазними кругами на обробленій поверхні не спостерігається сітки тріщин, що має місце під час обробки кругами з карбіду кремнію.

Обробка алмазними різцями на спеціалізованих верстатах, що дають змогу здійснювати процес різання за високих швидкостей і малих подач, забезпечує точність обробки за 6-м класом якості і забезпечує шорсткість поверхні 10...12 класу.

Висока зносостійкість алмазних різців зумовлює можливість їх застосування на верстатах-автоматах і автоматичних лініях, де питання розмірної стійкості інструменту має винятково важливе значення. Крім того, малі зусилля різання під час точіння алмазними різцями дають змогу успішно застосовувати їх під час точіння деталей з товщиною стінок до 0,18 мм.

Проте алмази не застосовують для обробки сталей, оскільки

теплостійкість їхня відносно невисока (750..800°C), і при цій температурі алмаз перетворюється на вуглець і відбувається навуглержування поверхневого шару заготовки.

Для обробки сталевих деталей, зокрема й загартованих, широко використовується кубічний нітрид бору (КНБ). КНБ абсолютно нейтральний до всіх матеріалів, що використовуються в машинобудуванні, в процесі обробки не утворюються наріст і схоплювання, твердість КНБ майже така сама, як в алмазу, а теплостійкість значно вища – 1 200...1 400°C.

Лезвійні та абразивні інструменти з використанням алмазів і КНБ широко випускаються як зарубіжними, так і вітчизняними підприємствами і фірмами.

1.2 Розвиток науки в галузі машинобудування

На перших щаблях розвитку людського суспільства процес виробництва вимагав обмеженого обсягу знань і досвіду, які були пов'язані безпосередньо з трудовою діяльністю і не виходили за межі дуже повільного збирання рецептів, що поступово розвивалося. У період же машинного виробництва наука стає необхідною умовою розвитку виробництва.

Широке поширення і застосування всіляких машин, створення їхніх працездатних конструкцій стало можливим тільки на базі розвитку відповідних галузей наук. Складні машини, що складаються з багатьох взаємопов'язаних механізмів, вимагали під час їх проєктування, виготовлення та експлуатації теоретичних розробок і науково-обґрунтованих рекомендацій.

Наука в галузі машинобудування розвивалася за двома напрямками: перший характеризується розробленням теорії проєктування машин; другий – розробленням проблем виготовлення машин.

Під час розроблення нових машин у конструкторів має бути повна впевненість у тому, що виготовлені машини забезпечуватимуть ті функції, для яких їх призначено, з необхідною точністю і продуктивністю.

Вирішення цих питань вимагає відповідних досліджень як окремих деталей машин і вузлів, так і натурних випробувань машин і конструкцій. Узагальнення результатів таких досліджень призводить

до розроблення наукових засад проєктування та експлуатації всіляких машин. Це є предметом першого напрямку.

Другий напрям науки в галузі машинобудування розвивався на базі аналізу різних способів обробки металів. Відповідно до різних використовуваних у практиці способів виготовлення деталей формувалися різні галузі науки, такі як теоретичні основи ливарного виробництва, теорія оброблення металів тиском, основи зварювальної техніки, теорія інструментів тощо.

Засновником школи вітчизняного машинобудування прийнято вважати вже згаданого геніального механіка, творця багатьох верстатів і машин А.Нартова.

Перше глибоке наукове дослідження процесу різання було виконано в Росії в період 1865–1880 рр. Одним із великих дослідників і основоположників науки про різання металів був проф. І.А. Тіме. Свої досліди з вивчення процесу різання Тіме проводив на поздовжньо–стругальному верстаті. Для вимірювання сили різання він використовував важіль із вантажем, що переміщав стіл верстата. Тіме першим поставив і розв'язав основні питання, які й донині залишаються центральними під час вивчення процесу різання, а саме: про опір – зусилля різання, про процес стружкоутворення – види стружки та умови, за яких вона утворюється.

Основним твором Тіме, в якому було викладено основи теорії різання, є монографія «Опір металів і дерева різанню», опублікована 1870 року. У період 1880–1890 рр. працями вітчизняних учених П.А. Афанасьєва, О.В. Гадоліна, К.О. Зворикіна та О.О. Брігса були вирішені основні питання динаміки і механіки процесу різання металів. Своїми дослідженнями ці вчені на багато років визначили сучасну їм іноземну науку.

Блискучі дослідження К.А. Зворикіна, професора Харківського технологічного, а потім Київського політехнічного інституту, були опубліковані в 1893 р., в його праці «Робота і зусилля, необхідні для відділення стружок».

Нашими вченими були закладені не тільки основи науки про різання металів, але також і основи теорії металорізальних верстатів. Значний розвиток цієї теорії було зроблено академіком А.В. Гадоліним (1828–1892). Йому належить низка видатних наукових праць у галузі теорії та розрахунку артилерійських гармат. Введенням шаруватих стволів, що набагато підвищують потужність і

далекобійність снарядів, артилерія зобов'язана Гадоліну. Він перший створив курс «Артилерійська технологія» і написав курс «Механічна технологія металів», у якому запропонував теоретичний висновок формули для визначення зусилля різання з урахуванням сил тертя, з якої, як окремий випадок, за нехтування силами тертя випливає рівняння Тіме.

Подальшим етапом у розвитку досліджень процесу різання стали роботи Я.Г. Усачова в період 1900–1917 рр., що заклали початок фізичному напрямку в дослідженні процесу різання металів. У 1914 р. Я.Г. Усачов опублікував роботу «Явища, що відбуваються під час різання металів». У 1912–1916 рр. Я.Г. Усачов запропонував і вперше застосував вимірювання температури під час різання металів штучною і напівштучною термопарою. Він перший застосував також металографічний метод для вивчення процесу різання і довів, що в шарі, який зрізується, відбуваються незворотні пластичні деформації, виявив дію наросту на стружкуутворення, вплив умов різання на температуру різання.

Роботи вітчизняних учених дореволюційного періоду досі не втратили своєї цінності. Усі вони були спрямовані на вивчення сутності процесу різання і ґрунтувалися на ретельно проведених наукових спостереженнях і широких теоретичних узагальненнях.

Після Жовтневої революції 1917р., наукові роботи в галузі оброблення металів різанням розпочалися з відновлення лабораторної бази у вищих технічних навчальних закладах країни, в яких поряд з проведенням практичних занять зі студентами було організовано дослідження процесів різання металів. Разом із розвитком лабораторій у вишах за радянських часів почали функціонувати спеціальні наукові установи в галузі обробки металів різанням.

Вже у 1920 рр. були створені перші промислові лабораторії з дослідження інструментів, які виконували низку досліджень на допомогу машинобудівній промисловості.

У 1931 р. створено самостійний інститут верстатів та інструментів, а у 1932 р. цей інститут було перетворено на Експериментальний науково–дослідний інститут металорізальних верстатів.

Якщо у 1930 р. перший радянський металокерамічний твердий сплав «победіт» тільки проходив експериментальну перевірку, то вже в 1931 р. було вироблено 16 000 кг победіту, такого

необхідного промисловості, що розвивається. У 1932 р. в Радянському Союзі було розпочато промислове виробництво твердих сплавів. У грудні 1932 р. Наркомат важкої промисловості утворив «Всесоюзний трест твердих сплавів» – «Союзтвердосплав» – з опорними експериментальними базами в Москві, Ленінграді та Харкові.

Роботи зі створення нових марок твердих сплавів надалі набули значного розвитку у Всесоюзному науково–дослідному інституті тугоплавких металів і твердих сплавів.

У 1944 р. було організовано Всесоюзний науково–дослідний інструментальний інститут (ВНДІ), що обслуговував інструментальну промисловість. У ВНДІ на той час створюють нові конструкції інструменту, розробляють теоретичні засади їхнього конструювання, розв'язують питання технології виготовлення і раціональної експлуатації інструментів, проводять дослідження процесів оброблення металів різанням.

Великий внесок у розроблення теорії процесу різання, проектування металорізальних верстатів та інструментів зробили лабораторії вишів, зокрема Харківського, Київського політехнічних інститутів, а також заводські лабораторії заводів України.

Велику увагу в Радянському Союзі приділяли координації наукових досліджень, що проводяться різними організаціями. Уперше найширше ця робота була поставлена в галузі різання.

Поряд з дослідженнями процесу різання в Радянському Союзі широким фронтом *проводилися дослідження в галузі конструювання і технології виготовлення всіляких різальних інструментів*. На першому етапі вони стосувалися розроблення питань проектування і технології виготовлення окремих типів різальних інструментів, і тільки згодом почали з'являтися узагальнювальні роботи з теорії проектування і виготовлення їх.

До таких робіт належать: Г.І. Грановський «Кінематика різання» (1948 р.), І.А. Фрайфельд «Інструменти, що працюють методом обкатки» (1948 р.), В.А. Шишков «Утворення поверхонь різанням за методом обкатки» (1951 р.), Н.А. Шевченко «Утворення поверхонь за методом обкатки» (1951 р.), М.А. Шевченко «Геометричні параметри ріжучої кромки інструментів і перерізу зрізу» (1957 р.), С.С. Петрухін «Основи проектування ріжучої частини металорізальних інструментів» (1960 р.), П.Р. Родин «Утворення поверхонь за методом обкатки» (1951 р.), П.Р. Родін «Основи теорії проектування різальних

інструментів» (1960 р.), Ю.В. Цвіс «Профілювання різального обкатного інструменту» (1961 р.), В.С. Люкшин «Теорія гвинтових поверхонь у проектуванні різальних інструментів» (1968 р.), С.І. Лашньов «Формоутворення зубчастих деталей рейковими та черв'ячними інструментами» (1971 р.) та ін.

Цікавий напрямок досліджень у галузі інструментального виробництва в СРСР розвивався під керівництвом проф. А.М. Ігнат'єва. Біолог за освітою, він закінчив у 1913 р. Петербурзький університет. Як природник, проф. А.М. Ігнат'єв багато років займався вивченням хижих тварин. Саме А.М. Ігнат'єв виявив, що протиприродним є якраз загострювання інструментів, вигадане людиною, бо в природі за загальним її законом усяке вістря самозаточується.

Явище самозаточування пояснюється тим, що всяке природне вістря багат шарове, твердість різних шарів різна. Під час роботи твердіші центральні шари зазнають і більшого навантаження, завдяки чому досягаються рівномірний знос і сталість форми.

Створити інструмент самозагострювальним, зробити шкідливу дію матеріалу на інструмент корисною, сприяти зносу інструменту у вигідному напрямі – ідея, висунута вперше проф. А.М. Ігнат'євим, ідея створення багат шарового інструменту, в який самозагострювальним є інструмент, з різною, відповідним чином підбраною твердістю шарів. Цьому він присвятив багато років свого життя. Чи були створені багат шарові самозагострювальні різці? Так, були створені, хоча були чималі труднощі. У присутності комісії Головного металу в 1927 р. два різці Ігнат'єва за 48 год роботи без переточування зняли по три тонни стружки.

Широке впровадження твердосплавних різців витіснило інші різці, зокрема й різці Ігнат'єва. У виробництві металорізальних інструментів ідея самозаточування залишена поки що в резерві, але, як пише акад. Н.Т. Гудцов, «наша металообробна промисловість, безсумнівно, повернеться до винаходів Ігнат'єва».

Ідея створення багат шарових інструментів відома давно. У VII–X ст. н.е. починається застосування ковальського зварювання. У той період було освоєно виробництво дво- або тришарових мечів із звареними сталевими смугами для отримання леза, що самозаточуються.

У наступні періоди почали застосовувати одношарові

загартовані мечі, виготовлення яких було простішим.

Заслуга А.М. Ігнат'єва перед наукою не обмежується відкриттям принципу самозагострювання та його здійснення на практиці. Він перший «швидкісник» у світі. У 1927 р. його різець «Мортира» різав сталь зі швидкістю 100 м/хв, а п'ять років по тому – зі швидкістю 200 м/хв, тоді як усьому світу були відомі швидкості різання сталевими інструментами не більш як 30 м/хв.

У 30–х рр. ХХ ст. завдяки працям радянських учених почала формуватися навчальна дисципліна «Розрахунок і проектування різальних інструментів». На той час капітальними навчальними посібниками з цієї дисципліни були праці проф. І.І. Семенченка «Ріжучий інструмент» у чотирьох томах. У першому томі посібника (1936 р.) розглянуто напилки, різці, свердла і розгортки. У четвертому томі (1944 р.) розглянуто шевери, інструменти, що працюють методом обкатки, різці для конічних прямозубих коліс, різьбові головки для нарізування конічних коліс із криволінійними зубами, черв'ячні конічні фрези.

Значний внесок у формування цієї дисципліни зроблено Г.А. Алексєєвим, В.А. Аршиновим, Є.А. Смольніковим, які підготували навчальний посібник «Розрахунок і конструювання різального інструменту» (1951 р.), а також навчальними посібниками І.І. Семенченка, В.І. Семенченка, В.А. Семенченка, В.А. Аршинова та ін. І. Семенченка, В.М. Матюшина, Г.І. Сахарова «Проектування металорізальних інструментів» (1962 р.), С.С. Четверикова «Металорізальні інструменти» (1965 р.), М.М. Палея «Технологія виробництва різального інструменту» (1963 р.). П.Р. Родіна «Проектування і виробництво різального інструменту» (1968 р.) та ін.

Нині на такій солідній науковій і практичній базі видають навчальні посібники, в яких уже використовують програмні продукти для ПК, що дає змогу розраховувати та проектувати складнопрофільні інструменти для металообробної промисловості (професори В.А. Гречишников, С.М. Григор'єв, О.Р. Маслов, С.В. Кірсанов, Г.В. Боровський, Д.В. Кожевніков, Ю.М. Панкратов, І.А. Сенчило, М.Т. Коротких та ін.).

Радянськими вченими зроблено також великий внесок у розвиток теорії проектування виробництва та експлуатації металорізальних верстатів і формування відповідних навчальних дисциплін. Зокрема, під керівництвом акад. В.І. Дікушина отримала

розвиток *ідея агрегативання верстатів*. Саме через цю ідею верстатобудівники прийшли до автоматичних ліній і заводів-автоматів.

У 1930–х рр. сформувалася і набула подальшого розвитку як самостійна наукова дисципліна і потім була прийнята в інших машинобудівних вишах країни – дисципліна «Металорізальні верстати». У результаті інтенсивного розвитку машинобудування в роки перших п'ятирічок, коли довелося налагоджувати виробництво багатьох нових виробів, почало формуватися в тісному зв'язку з виробництвом технологічне вчення.

Наука про технологію машинобудування розглядає методи і послідовність обробки деталей машин на металорізальних верстатах.

Предметом технології машинобудування є вчення про виготовлення машин заданої якості та у встановленій кількості за найменших витрат праці, тобто за найменшої собівартості.

Нині до сфери технології машинобудування увійшли питання жорсткості технологічної системи (верстат – пристосування, інструмент, заготовка); питання вібрацій, точності обробки, якості поверхні, вибору баз, розмірних розрахунків, визначення міжопераційних припусків і допусків тощо.

Основоположником науки «Технологія машинобудування» є проф. О.П. Соколовський. У 1933 р. ним у Ленінградському політехнічному інституті було засновано першу у світі кафедру Технології машинобудування. Тоді ж вийшла друком його фундаментальна праця «Наукові основи технології машинобудування», де є такі слова: «Вчення про технологію машинобудування народилося в цеху і не повинно поривати з ним зв'язку».

Технологічну науку створено головним чином працями вчених Б.С. Балакшина, М.А. Бородачова, А.І. Ісаєва, О.І. Каширіна, В.М. Кована, В.С. Корсакова, Е.А. Сатєля, О.А. Маталіна, С.П. Митрофанова, О.М. Рабиновича, А.Б. Яхіна.

Уся діяльність учених була спрямована на систематизацію та узагальнення численних фактів і створення теоретичних основ технології машинобудування. Результати цих робіт знайшли відображення в монографіях, підручниках, навчальних посібниках.

До таких робіт належать такі: О.П. Соколовський «Курс технології машинобудування» (1947 р.), «Наукові основи технології

машинобудування» (1955 р.), «Жорсткість у технології машинобудування» (1946 р.); В.М. Кован, В.С. Корсаков та ін. «Основи технології машинобудування» (1965 р.); В.С. Корсаков «Технології машинобудування» (1974 р.); Б.С. Балакшин «Самопіднастроювальні верстати» (1967 р.), «Основи технології машинобудування» (1969 р.); О.О. Маталін «Конструкторські та технологічні технології машинобудування» (1946 р.). Маталін «Конструкторські та технологічні бази» (1965 р.), «Точність механічної обробки і проектування технологічних виробництв» (1977 р.); а підручник «Технологія машинобудування» (1985 р.) – Міністерство освіти визначило як базовий.

Історія розвитку науки і техніки показує, що наукові відкриття нерідко ведуть до значних змін у житті суспільства. Значення науки та її вплив на розвиток народного господарства нині посилюються. Наука дедалі більшою мірою стає безпосередньою продуктивною силою, а виробництво – технологічним застосуванням науки.

У XXI ст. основним постулатом у промисловому виробництві є: хто зробить виріб якісніше, швидше, надійніше і дешевше. Тільки інтенсивний розвиток інженерної творчості та технологічної науки дасть змогу промисловості країни бути конкурентоспроможною, а її продукції – завжди і скрізь затребуваною. Саме це завдання сьогодні стоїть перед молодими випускниками вузів і студентами – майбутніми інженерами–машинобудівниками.

А оскільки ***провідною галуззю машинобудування у всьому світі вважається автомобілебудування***, тому далі ми ще коротко розглянемо ключові етапи розвитку автомобільної галузі, починаючи від перших кроків до сучасних інновацій та глобалізації і визначимо роль сучасного інженера–конструктора в технологічному забезпеченні якості автомобіля. Також ми розглянемо важливість автомобільної промисловості для економіки та суспільства загалом.

1.3 Ключові етапи розвитку автомобільної індустрії

В промислово–розвинених країнах заходу автомобільна індустрія вважається однією з найважливіших галузей. І саме автомобілебудування завжди повною мірою відображало рівень науково–технічного прогресу і стимулювало розвиток практично всіх

інших галузей промисловості.

Такі галузі промисловості, як металургійна, нафтохімічна, приладобудівна, електротехнічна та електронна, текстильна, гумовотехнічна тісно пов'язані саме з виробництвом автомобілів, тому розвиток автомобілебудування сприяє створенню нових робочих місць, нових підприємств, а, отже, стимулює технічний прогрес в країні загалом.

1.3.1 Перші етапи розвитку автомобільної індустрії

Перші етапи розвитку автомобільної індустрії пов'язані з появою перших автомобілів і початком створення автомобільних компаній.

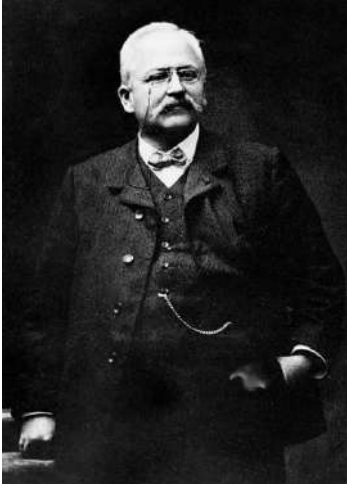
Вважається що перша машина у світі була розроблена ще наприкінці XVIII століття. Це були парові автомобілі, які вже тоді були обладнані рульовим керуванням, ручним гальмом і трансмісією. Після цього винахідники створили багато прототипів самохідних машин різної форми: парову карету, парове баггі, машину-амфібію та інші. Однак подібний транспорт не сподобався населенню, яке побоювалося занадто швидких машин. У 1865 році в Англії навіть було ухвалено закон, який вимагав, щоб перед самохідною машиною йшла людина з червоним прапором і сигнальною дудкою. Це значно сповільнило розвиток автомобілебудування.

Винахідником першого автомобіля у світі прийнято вважати німецького інженера Карла Бенца, який побудував свою машину з двигуном внутрішнього згоряння 1885 року в Мангеймі. Паралельно з ним працювали й інші винахідники, проте саме Бенцу вдалося запатентувати свій автомобіль і почати серійний випуск у 1888 році.

Створення перших автомобільних компаній також було важливим кроком у розвитку автомобільної індустрії. Однією з перших компаній була Peugeot, заснована 1891 року. Вона почала виробництво автомобілів уже в 1892 році. У 1899 році було засновано компанію Renault, яка стала однією з найбільших автомобільних компаній у світі.

Одним із *найбільш значущих етапів розвитку автомобільної індустрії стало конвеєрне виробництво автомобілів в Америці*. Саме Генрі Форд зробив величезний внесок у цей напрямок: у 1908 році він розпочав виробництво моделі Т, яка стала першим

автомобілем, створеним на конвеєрній стрічці. Завдяки цьому здешевленню виробництва автомобілів, вони стали доступні широким верствам населення. Пізніше те саме сталося в «автомобільних» країнах Європи.



автомобіль Peugeot Type 2 (1890 р.) – перша модель із двоциліндровим чотиритактним бензиновим двигуном Даймлера, зроблена для продажу

Рисунок 1.2 – Арман Пежо (фр. Armand Peugeot) – французький промисловець, піонер автомобільної промисловості та засновник французької фірми «Пежо» зі своїм автомобілем

Наступний етап розвитку був пов'язаний з **розширенням виробництва і створенням нових моделей автомобілів**. У 1920-х роках в США були створені нові автомобільні компанії, такі як Chrysler і General Motors, які стали конкурувати з Ford. Крім того, з'явилися нові масові моделі автомобілів, такі як Ford Model A і Chevrolet Series 490.

У міру вдосконалення конструкції автомобіля розроблялися нові спеціальні марки сталей, неметалеві конструкційні матеріали, виробли електронної промисловості. З'явилися високоякісні сорти моторних палив і масел, гуми. Спеціально для автомобільного виробництва верстатобудівні заводи почали випускати високошвидкісні верстати, пристосування для зварювання, складання та фарбування кузовів. Усі ці матеріали та обладнання впроваджували в масове конвеєрне виробництво автомобілів.

Таким чином, перші етапи розвитку автомобільної галузі були

пов'язані з появою перших автомобілів, створенням автомобільних компаній, масовим виробництвом і створенням перших знакових моделей. Вони заклали фундамент для подальшого розвитку автомобільної індустрії.

Наступний *етап розвитку автомобільної індустрії був пов'язаний з періодом після Другої світової війни*. У цей період автомобільна індустрія стала ще більш масовою і поширеною. Автомобілі стали стандартом життя в розвинених країнах, і попит на них значно зріс. Крім того, в цей період почали виробляти автомобілі з вищою швидкістю і більш зручними функціями, такими як кондиціонери і автоматичні трансмісії.

Сучасна автомобільна індустрія продовжує розвиватися і вносити інновації у виробництво автомобілів. Деякі з найбільш знакових розробок останніх років охоплюють електричні автомобілі, самокеровані автомобілі та автомобілі з більш високою екологічною чистотою.

Загалом, *ключові етапи розвитку автомобільної галузі* пов'язані зі створенням перших автомобілів, масовим виробництвом і створенням перших знакових моделей, а також розширенням виробництва і створенням нових моделей. Ці етапи показують, наскільки важливою для економіки та суспільства країни є автомобільна промисловість.

1.3.2 Становлення автомобільної індустрії провідною галуззю світової економіки

У 20–му столітті автомобільна індустрія продовжила свій активний розвиток і завдяки цьому стала однією з провідних галузей світової економіки. У цей період в автомобільній індустрії відбулися значні технічні нововведення і технологічний прогрес, що призвело до створення нових моделей автомобілів і поліпшення їхніх характеристик.

Найважливішим технічним нововведенням вважається запровадження Генрі Фордом у виробництві стрічкового конвеєра. Це дало змогу масово виробляти автомобілі та значно знизити їхню вартість. У 1920–х роках автомобільна промисловість почала використовувати електричні системи запалювання і стартери, що також значно поліпшило зручність експлуатації автомобілів. У 1930–х

роках було створено перші автомобілі із задньопривідною трансмісією та автоматичною коробкою передач що значно спростило користування ним звичайним людям.

Одним із ключових чинників розвитку автомобільної індустрії у 20-му столітті була **конкуренція на ринку автомобільної індустрії**. У 1920-х роках General Motors почав виробляти автомобілі в різних цінових категоріях, щоб залучити більшу кількість покупців. У 1950-х роках Японія почала виробництво недорогих і надійних автомобілів, таких як Toyota Corolla і Honda Civic, що призвело до істотного розширення ринку автомобільної індустрії. А головне при цьому – Японським автовиробникам дозволили зайти на американський ринок.

У 20-му столітті відбулося глобальне розширення виробництва автомобілів і розширення ринків збуту. У 1960-х роках автомобільна індустрія почала активно розвиватися в Південній Кореї та Латинській Америці. У 1970-х роках Японія стала одним із провідних виробників автомобілів у світі. У 1990-х роках Китай почав виробництво автомобілів, що призвело до значного зростання світового виробництва.

В середині ХХ ст. в Америці можна було зустріти рідкісні моделі європейських автоконцернів, наприклад, італійські спорткари або англійські позашляховики (Ленд Ровер) чи класичні Ягуари. Однак автомобілів французьких виробників Peugeot, Renault, Citroen не було зовсім. Безумовно, можна підшукати хороші раритетні варіанти, але такі авто більше підходять колекціонерам.

Автомобілів для масового покупця від французьких виробників у Штатах немає. Оскільки Франція на свої моделі значно завищила вартість та й за всіма іншими показниками їхні машини не дотягували, тому в Америці європейські автомобілі просто не стали купувати. І тоді французькі виробники вирішили згорнути свою дилерську мережу і зосередитися на реалізації автотранспорту в рідній Європі.

У середині 1990-х років серйозно змінилися стандарти безпеки, що висуваються до транспортних засобів. В Америці стали більш вимогливі до європейських машин, тому автовиробникам довелося швидко перебудовуватися і створювати авто виключно під північноамериканський регіон. Японським і німецьким виробникам це вдалося. Вони залишилися на американському ринку і продовжують успішно продавати там машини. А от Peugeot, Renault та Citroen перебудуватися не змогли, тому поступилися своїм місцем

конкурентам, і сьогодні існують лише в якості брендів транснаціональних корпорацій з виробництва автомобілів.

Також в Америці зовсім немає автомобілів з Китаю. Насамперед це пов'язано саме з питанням безпеки. На північноамериканський ринок ці машини не проходять через те, що вони просто складаються за будь-якої аварії. Їздити на такому транспорті надто небезпечно, особливо з огляду на високі швидкості на автодорогах в Америці. Ну а по-друге «китайці» не проходять за стандартами якості: незрозумілий дизайн; поганий метал; низька якість зварювальних швів або точок; недосконале внутрішнє оздоблення тощо.

Загалом *розвиток автомобільної промисловості у 20-му столітті був пов'язаний із технічними нововведеннями, конкуренцією на ринку та глобалізацією виробництва*. У 20-х роках ХХ століття автомобільна галузь зіткнулася з необхідністю поліпшення технічних характеристик автомобілів. Це призвело до появи нових моделей, поліпшення конструкції двигунів, а також створення нових матеріалів для виробництва автомобілів. Наприклад, одним зі значущих технологічних досягнень у цей період була впроваджена компанією Ford конвеєрна стрічка у виробництво автомобілів, що дало змогу знизити вартість виробництва і збільшити продуктивність.

Конкуренція на ринку автомобільної індустрії також стала дедалі інтенсивнішою. Наприкінці 20-х років ХХ століття на ринку з'явилася велика кількість автомобільних компаній, і кожна з них прагнула виділитися на тлі конкурентів. У результаті цього автомобільна промисловість стала більш диверсифікованою, з'явилися нові моделі автомобілів, а також удосконалювалися технології їхнього виробництва.

Глобалізація виробництва також є одним із важливих етапів розвитку автомобільної індустрії у 20-му столітті. З розвитком транспортних засобів і засобів зв'язку стало можливим виробництво автомобілів на території різних країн. Великі автовиробники почали будувати фабрики за кордоном і створювати спільні підприємства. Це призвело до збільшення обсягів виробництва і розширення ринків збуту. Таким чином, розвиток автомобільної галузі у 20-му столітті був пов'язаний з технічними нововведеннями, конкуренцією на ринку та глобалізацією виробництва, що призвело до створення нових моделей автомобілів, поліпшення якості їх виробництва, а також

розширення ринків збуту.

1.3.3 Сучасні тенденції та виклики для автомобільної індустрії

Сучасні виклики для автоіндустрії пов'язані з постійно мінливими вимогами суспільства та екологічною політикою. Нові екологічні стандарти та вимоги до безпеки є основними викликами для автомобільної промисловості. Одним із прикладів може слугувати введення в країнах Європи стандартів Euro-6d та підготовка до Euro-7 (його прийняття очікується вже у 2025 році), які вимагають знизити викиди шкідливих речовин і значно поліпшити екологічні характеристики автомобілів.

Розвиток електромобільної галузі та *технології автономного водіння* також є одним із ключових викликів для автомобільної індустрії. Електромобілі стають дедалі популярнішими, тому що вони не забруднюють довкілля і є більш економічними в експлуатації. Наприклад, компанія Tesla виробляє електромобілі, які мають високу потужність і дальність ходу на одній зарядці.

Зміни у споживчих вподобаннях та поведінці покупців також є одним із головних викликів для автомобільної індустрії. Споживачі дедалі більше і більше орієнтуються на зручність, функціональність та екологічність автомобілів. Наприклад, дедалі більше покупців вважають за краще купити кросвери та SUV, оскільки вони поєднують у собі зручність і прохідність.

Загалом, сучасні тенденції та виклики для автомобільної промисловості пов'язані з необхідністю створення екологічних і безпечних автомобілів, а також із розвитком нових технологій, як-от електромобілі та автономне водіння.

Підсумовуючи сказане, можна зробити *висновок*, що автомобільна промисловість пройшла довгий шлях розвитку від появи перших винаходів до сучасних технологій електромобілів та автономного водіння. Важливими етапами були масове виробництво, конкуренція на ринку, глобалізація виробництва, нові екологічні та безпекові стандарти. Сучасні виклики для індустрії пов'язані з необхідністю розвитку екологічно чистих і безпечних автомобілів, розвитком електромобільної індустрії та автономного водіння, а також змінами в споживчих уподобаннях і поведінці покупців.

У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку електромобільної індустрії, створення більш безпечних і екологічно чистих автомобілів, а також використання нових матеріалів і технологій виробництва. Важливо продовжувати роботу над поліпшенням інфраструктури та підвищенням ефективності використання автомобілів для забезпечення сталого розвитку суспільства та економіки.

Таким чином, розвиток автомобільної промисловості як машинобудівної галузі має величезне значення для суспільства та економіки, і важливо продовжувати роботу над її розвитком у майбутньому.

1.4 Роль конструктора в технологічному забезпеченні якості автомобіля

Сучасний автомобіль (рис. 1.3) – це транспортний засіб, що втілює в собі найкращі досягнення багатьох галузей машинобудування та є синтезом передових наукових ідей, конструкторських і технологічних розробок.

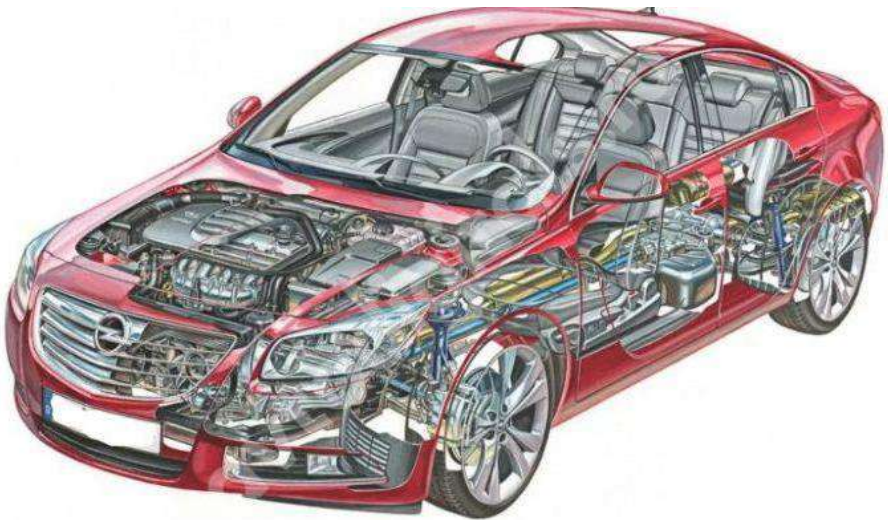


Рисунок 1.3 – Сучасний автомобіль є синтезом передових наукових ідей, конструкторських і технологічних розробок

Технічні, економічні та екологічні показники автомобіля багато в чому залежать від професіоналізму проєктувальників, виробників і фахівців з експлуатації.

Значення кожного етапу життєвого циклу машини визначає наступний постулат: надійність має закладатися під час конструювання автомобіля, реалізовуватися під час його виготовлення і підтримуватися під час експлуатації.

На стадії проєктування необхідні властивості майбутнього виробу можна забезпечити застосуванням сучасних методів комп'ютерного проєктування і точних розрахунків, оптимізацією параметрів деталей, що призводить до зниження ваги та рівня робочих напруг, вібрації, використанням конструкційних матеріалів високої якості, технологічних та ефективних способів виготовлення й оброблення деталей, що забезпечують підвищення граничних допустимих навантажень та їхню міцність.

У конструкцію сучасного автомобіля входять дуже багато складних деталей (рис. 1.4). Методи одержання заготовок цих деталей, їхньої обробки та складання наводяться в цьому лекційному курсі і дають повне уявлення про складність виробничих процесів під час виготовлення сучасного автомобіля.



Рисунок 1.4 – Складові частини сучасного автомобіля

Створення автомобіля охоплює два взаємопов'язаних етапи: конструювання та виготовлення з подальшим випробуванням.

Рішення, ухвалені конструкторами, мають значний вплив на технологічні питання створення автомобіля, оскільки конструктор, обираючи матеріал деталі на основі розрахунків робочих напруг, визначаючи форми та розміри деталі, розробляє вимоги щодо забезпечення якості поверхонь, структурного стану окремих зон, міцності та довговічності деталей, тим самим визначаючи етапи технологічних процесів, починаючи від заготівельних виробництв і закінчуючи складанням усього виробу.

Після закінчення робіт технологічного проектування розпочинають технологічне забезпечення виробництва: вибирають із типових або розробляють нові технологічні процеси, наприклад, виготовлення заготовок литтям або штампуванням, виготовлення деталей методами механічної обробки, зміцнення деталей методами термічної або хіміко–термічної обробки, добирають відповідне обладнання, розробляють увесь виробничий процес із врахуванням часових, інформаційних та економічних зв'язків. При цьому враховуються всі особливості експлуатації виготовлених деталей.

Своєю чергою, технологічний бік створення автомобіля визначає конструкторські завдання. Наприклад, під час розрахунків гранично допустимих робочих напружень потрібно враховувати технологічну неоднорідність готових деталей, яка є причиною того, що довговічність їхня не є постійною.

Технологічна неоднорідність деталей, що виготовляються, зумовлена імовірнісним характером формування в них мікроструктури, напружень, комплексу механічних властивостей, і основними причинами цього є:

- зміна розмірів і форми (деформація і викривлення) деталей під час їхнього виготовлення, зміцнення та складання;
- дисперсія властивостей матеріалів, які застосовують;
- коливання технологічних параметрів, які призводять до розкиду показників властивостей деталей, які обробляють (шорсткості поверхні, ступеня наклепу, співвідношення складових мікроструктури, твердості).

Таким чином, технологічні та конструкторські проблеми

створення автомобіля взаємопов'язані.

Тому під час створення нового виробу вже на етапі його конструювання необхідно враховувати вимоги, пов'язані з його виготовленням.

Конструктор повинен мати уявлення про те, що можна використовувати і що ще необхідно розробити для технологічного процесу виготовлення сконструйованої деталі: новий матеріал, технологічний процес, організацію виробничого процесу, спеціальне технологічне обладнання тощо.

При цьому слід мати на увазі, що багато вже наявних технічних і технологічних рішень не завжди можна одразу використати для нової конструкції машини (двигуна, автомобіля, трактора) в умовах наявного виробництва, оскільки технологічна база заводу не в змозі виконати якісь вимоги конструктора.

Тому часто пропадають хороші ідеї конструкторів, оскільки вони мимоволі вже на стадії проектування закладають всілякі відхилення від початкового задуму. Наприклад, наявна технологічна база не може забезпечити необхідної точності виготовлення деталей і необхідні певні зміни в конструкції елементів деталі для підвищення точності її обробки.

Аналізуючи **взаємозв'язок конструкторського і технологічного етапів створення такої складної машини, як автомобіль**, було виявлено таку особливість. Конструктор, визначаючи оптимальне значення параметра (наприклад, твердість серцевини зуба шестерні), прагне скоротити інтервал його зміни, а технолог, беручи до уваги технологічні можливості обладнання, властивості використовуваного матеріалу, навпаки, намагається розширити цей інтервал.

А що більший інтервал зміни значення параметра під час зміцнення (твердість, товщина зміцненого шару тощо), то більшою є дисперсія властивостей використовуваного матеріалу і ресурсів деталей. Під час експлуатації автомобільної техніки це призводить до зростання витрат на її технічне обслуговування і ремонт, а на технічне обслуговування автомобіля потрібно коштів у дев'ять разів більше, ніж на його виготовлення. Трудомісткість же експлуатації автомобіля в 30 разів перевищує трудомісткість виготовлення. Крім того, автовласники зазнають великих втрат через простої техніки.

Тому **пріоритетом є якість створюваного виробу**, зокрема

його надійність і довговічність, навіть якщо це пов'язано з деяким підвищенням матеріальних, трудових та енергетичних витрат.

У зв'язку з цим було визначено три основні напрямки в підвищенні рівня створення автомобільної техніки:

1. вдосконалення критеріїв і методів розрахунку;
2. оптимізація розмірів і форм деталей, спрямована на зниження та стабілізацію робочих напруг у конструкціях;
3. використання конструкційних матеріалів високої якості та прогресивних технологічних процесів виготовлення й зміцнення, що забезпечують підвищення гранично допустимих робочих напруг у деталях, високу стабільність характеристик їхньої міцності та довговічності.

Під час спільної роботи конструктора і технолога може виникнути ситуація, коли міцність і довговічність деталі після термічного зміцнення не досягають рівнів, закладених у технічній документації. Причини можуть бути різні.

Наприклад, неправильний вибір параметрів зміцнення деталі на стадії проектування (наприклад, для цементованих і нітроцементованих зубчастих коліс – це твердість серцевини, товщина ефективного шару, твердість поверхні). На практиці можливо й таке, що за поєднання різних показників, які відповідають документації, обґрунтованість значення кожного з них не викликає сумніву, деталі ж виявляються недовговічними.

У цьому випадку конструктор і технолог повинні спільно шукати вирішення цієї проблеми. Конструктор, не знижуючи вимог щодо міцності та довговічності, повинен змінити значення показників зміцнення: твердість, товщину зміцненого шару, співвідношення складових у мікроструктурі тощо. Технолог же повинен усунути можливі неточності в технологічних параметрах: температуру, швидкість нагріву та охолодження, тривалість окремих стадій процесу тощо. Аналогічна ситуація може виникнути і внаслідок заниження значень розрахункових напружень (фактичні напруження вищі), невдалого вибору матеріалу (низька прожарюваність, схильність до зростання зерна, великі коливання в хімічному складі тощо).

Можливо й таке, що у зв'язку з підвищенням навантаження під час експлуатації виробу обраний матеріал і технологічний метод його

зміцнення не можуть забезпечити необхідних властивостей цієї деталі. Тоді слід переходити до ефективніших методів зміцнення, використання іншого матеріалу, зміни конструкції деталі або навіть вузла, щоб знизити напруження.

Завдання конструкторів і технологів – зробити все, щоб деталі, що сполучаються, працювали в умовах, які відповідають розрахунковим, а фактичні навантаження в контакті завжди були меншими від значень параметрів, що характеризують міцність поверхневих шарів цих деталей, з урахуванням неминучого розсіювання значень міцності деталей, що спричинене відхиленнями в їхній структурі, а також розсіювання значень фактичних навантажень, зумовленого, насамперед, неточністю виготовлення деталей.

Таким чином, успішне створення сучасного автомобіля з високими показниками надійності, довговічності, економічності, безпеки залежить від багатьох чинників та успішної роботи різних фахівців. Однак, не применшуючи значення внеску технологів, організаторів виробництва та інших фахівців, слід зазначити, що головна роль належить конструкторам.

Сучасність і технологічність конструкції є однією з обов'язкових умов під час розроблення автомобіля. Інша обов'язкова умова – забезпечення якості продукції, що випускається. Це підтверджує той факт, що 60–70 % відмов сучасних автомобілів пов'язано з недостатньо гарною якістю окремих деталей і агрегатів. Тому постійне вдосконалення технології виробництва автомобілів є одним із пріоритетних напрямків автобудування.

Для успішної спільної роботи конструкторів і технологів необхідні знання і з суміжних спеціальностей, адже вони визначають весь виробничий процес виготовлення автомобіля ще на стадії проектування.

1.5 Особливості та етапи конструкторсько–технологічної підготовки виробництва автомобілів

Сучасне автомобільне виробництво охоплює прогресивні технологічні процеси одержання заготовок, оброблення деталей і складання виробів, використовуючи технологічні методи забезпечення якості та довговічності автомобіля.

Складальні одиниці автомобіля складаються з великої кількості деталей, певним чином пов'язаних одна з одною. Під час роботи автомобіля більшість деталей сприймає значні статичні та динамічні навантаження.

Динамічні навантаження виникають, наприклад, унаслідок впливу на поршень газів у циліндрах двигуна, інерційних сил у шатунно-поршневому механізмі, у разі неточності складання та порушення співвісності сполучених агрегатів, складальних одиниць або окремих деталей унаслідок руху автомобіля нерівним покриттям дороги або під час гальмування.

Багато деталей зазнають знакозмінних навантажень і піддаються втомному руйнуванню. До таких деталей належать, насамперед, пружини, ресори підвіски, балки мостів і поперечки рам, лонжерони і стійки кузовів, важелі підвіски.

Поверхні сполучених деталей відчувають великі питомі тиски, що спричиняють їхнє зношування, особливо у важких умовах роботи. Лише деякі складальні одиниці автомобіля зі сполученими деталями працюють у сприятливих умовах рідинного тертя (до них відносяться шатунні та корінні шийки колінчастих валів) або в умовах граничного тертя – це підшипники та шестерні коробки передач, ведучих мостів і двигуна.

Багато деталей працюють із тертям без змащувального матеріалу, наприклад, гальмівні барабани і колодки, диски зчеплення тощо. При цьому більшість деталей, крім механічного, піддаються і корозійно-механічному зношуванню (наприклад, деталі підвіски), а також зношуванню під час фіттинг-корозії (сполучення кузовів і кабін, листові ресори).

Деталі залежно від умов роботи виготовляють із різних матеріалів із різною якістю обробки.

Приступаючи до проектування автомобіля, необхідно мати такі вихідні дані:

- виходячи з призначення машини короткий опис її роботи і технічні вимоги;
- робочі креслення автомобіля, його вузлів і деталей;
- обсяг і термін випуску;
- оснащеність заводу всім необхідним для випуску машин і можливість кооперації з іншими підприємствами;
- наявність кадрів, перспективи їхньої перепідготовки.

Усе це необхідно для детального проектування технологічних процесів та їх реалізації.

Чим точніше визначені вихідні дані, тим швидше і з меншими витратами вирішується поставлене завдання. Зміни технічних умов або конструкції спричиняють перегляд технологічних процесів, переробку технологічного оснащення, зміни в обладнанні тощо.

Терміни підготовки виробництва й освоєння випуску нових машин збільшуються, а отже, відбувається здорожчання продукції, що випускається.

У виробничий процес входять усі дії з виготовлення і складання автомобілів, контролю їхньої якості, зберігання і переміщення на всіх етапах виготовлення. Це і постачання виробництва, і обслуговування робочих місць, управління виробництвом, тобто всі роботи з підготовки виробництва. Раціональна організація виробничого процесу неможлива без ретельної технічної підготовки виробництва.

Технічна підготовка виробництва містить у собі наступне:

1. Конструкторську підготовку виробництва, тобто розроблення конструкції і створення креслень загальної збірки виробу, складальних одиниць і окремих деталей виробів, що запускаються у виробництво, з оформленням специфікацій і конструкторської документації.

2. Технологічну підготовку виробництва, тобто сукупність взаємопов'язаних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємств до випуску виробів заданого рівня якості за встановлених термінів, обсягу випуску і мінімальних витрат на виготовлення цієї продукції.

До технологічної підготовки виробництва належать забезпечення технологічності конструкції виробу, розроблення технологічних процесів, закупівля або виготовлення необхідного устаткування, проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення, управління процесом технологічної підготовки виробництва.

3. Календарне планування виробничого процесу виготовлення виробу в певні строки, у встановлених обсягах випуску і витрат.

Відповідальною і трудомісткою частиною технічної підготовки виробництва є технологічне проектування, трудомісткість якого

становить (у відсотках від загальної трудомісткості технічної підготовки) в умовах дрібносерійного виробництва 30–40 %, серійного – 40–50 % і масового – 50–60 %.

Зростання трудомісткості проектування технологічних процесів зі збільшенням обсягу випуску продукції пояснюється тим, що під час серійного і масового виробництв розробка процесів проводиться ретельніше, ніж у дрібносерійному: ускладнюється технологічне оснащення, докладніше розробляється документація.

Трудомісткість технологічного проектування в більшості випадків помітно перевершує трудомісткість конструювання машин. Для зниження трудомісткості застосовуються інформаційні технології та системи комп'ютерної підтримки.

В основу розробок технологічних процесів покладено два принципи: технічний та економічний. Відповідно до *технічного принципу* проєктований технологічний процес повинен повністю забезпечити виконання всіх вимог робочого креслення і технічних умов на виготовлення заданого виробу.

Економічний принцип – виготовлення виробу повинно вестися з мінімальними витратами праці та витратами виробництва. Технологічний процес виготовлення виробу повинен виконуватися з використанням усіх технічних можливостей засобів виробництва за мінімальної витрати часу і найменшої собівартості виробу.

З кількох можливих варіантів технологічного процесу виготовлення виробу, рівноцінних з позицій технічного принципу проектування, вибирають найефективніший, тобто продуктивний і рентабельний.

За рівної продуктивності варіантів, що порівнюються, вибирають найбільш рентабельний, а за рівної рентабельності – найбільш продуктивний.

За різних продуктивності та рентабельності вибирають найбільш рентабельний за умови, що продуктивність усіх порівнюваних варіантів не нижча за задану. У виняткових випадках (терміновий випуск особливо важливої продукції, ліквідація «вузьких» місць виробництва тощо) у межах цього заводу і на певний період часу за основу може бути прийнято найбільш продуктивний варіант технологічного процесу.

Ефективність і рентабельність проєктованого процесу виявляють за всіма складовими, з яких вони складаються, або

визначають розрахунком за укрупненими показниками.

Оптимізація технологічного процесу полягає в тому, що у встановлений проміжок часу забезпечують випуск необхідної кількості виробів заданої якості за мінімальної собівартості їх виготовлення. У найпростішому випадку оптимізують окремі технологічні (зазвичай лімітуючі) операції.

За встановленими обмеженнями визначають найвигідніші режими різання та інші умови обробки. Складніша задача – оптимізація технологічного процесу загалом, яку розв'язують методом математичного програмування з урахуванням впливу попередніх операцій на наступні, тому не можна ізольовано за кожною операцією ухвалювати таке рішення, за якого ефективність цієї операції буде найбільшою. Під час оптимізації технологічного процесу може змінитися не тільки склад операцій, а й їхня структура.

Оптимізацію новопроєктованих і вже діючих технологічних процесів виконують з урахуванням різних цільових функцій. Найчастіше оптимізацію проводять для отримання найменшої собівартості виготовлення виробів. Також причиною оптимізації можуть бути найбільша продуктивність або найвища якість виробу. Знання закономірностей побудови технологічних процесів і математичні методи дають змогу використовувати комп'ютерне проектування.

Мета проектування технологічних процесів механічної обробки – дати докладний опис процесів виготовлення деталі з необхідними техніко–економічними розрахунками та обґрунтуваннями прийнятого варіанта.

У результаті складання технологічної документації інженерно–технічний персонал і робочі виконавці отримують необхідні дані та інструкції для здійснення технологічного процесу на підприємстві. Технологічні розробки дають змогу визначити необхідні засоби виробництва для випуску цього виробу, трудомісткість і собівартість його виготовлення.

На основі спроектованого технологічного процесу встановлюються вихідні дані для організації постачання основними і допоміжними матеріалами, календарного планування, технічного контролю, оснащення інструментального і транспортного господарства.

Технологічні процеси розробляють під час проектування нових і

реконструкції вже наявних заводів, а також під час організації виробництва нової продукції на діючих заводах. Крім того, нові технологічні процеси нерідко коригуються або розробляються на заводах під час випуску вже освоєної продукції. Це пояснюється безперервним удосконаленням продукції та необхідністю впровадження в діюче виробництво новітніх досягнень науки і техніки.

Технологічні процеси поділяють на одиничні та типові. Перші розробляються на вироби одного найменування, типорозміру і виконання незалежно від типу виробництва, другі – на групу виробів із загальними конструктивними ознаками. Застосовувані в промисловості групові технологічні процеси розробляються на конструктивно і технологічно подібні вироби.

Під час проектування нових і реконструкції вже існуючих заводів розроблені технологічні процеси є основою проекту. Вони визначають необхідне обладнання, виробничі площі та енергетичне забезпечення цеху, транспортні засоби, робочу силу, основні та допоміжні матеріали. Від якості технологічних розробок значною мірою залежать техніко–економічні показники роботи заводу.

Під час організації нового виробництва на діючому заводі підготовчим та організаційним роботам передує розробка технологічних процесів, на основі якої виявляють можливості використання вже наявного і необхідність придбання нового обладнання, визначають необхідну кількість робочої сили, інструменту, транспортних засобів, матеріалів та енергії.

1.6 Методи, що використовуються під час розроблення технологічних процесів

У машинобудуванні використовують два методи розроблення технологічних процесів: диференціації та концентрації операцій.

Диференційований технологічний процес складається з простих операцій з невеликим числом переходів, які виконуються на універсальних верстатах.

У разі *концентрованого* технологічного процесу обробку деталей здійснюють на багатоінструментальних верстатах (багаторізцевих, багатощпindelних тощо) і автоматичних комплексах, що забезпечують високу продуктивність. Ступінь

концентрації визначається програмою випуску, характером обробки, розміром і масою деталі, наявністю необхідного обладнання.

Концентрація операцій здійснюється послідовним, паралельним і змішаним способами при застосуванні обладнання, що обробляє кілька поверхонь деталі, або об'єднанні декількох інструментів, що обробляють одну деталь.

Для реалізації концентрованого технологічного процесу призначені різні верстати з обробки деталей різанням: токарні (автомати та напівавтомати послідовної та паралельної дії); фрезерні, розточувальні та шліфувальні верстати; одно- і багатопозиційні агрегатні автомати та напівавтомати, які суміщають різні види обробки; автоматичні лінії.

Проектування і реалізація технологічних процесів методом концентрації операцій дають змогу у багато разів скоротити верстатомісткість і трудомісткість виготовлення деталей, збільшити продуктивність праці, істотно зменшити виробничі площі, знизити собівартість продукції, що випускається.

Прості деталі та складальні одиниці можна повністю виготовити на одному багатоінструментальному верстаті або багатопозиційній складальній машині. Складні деталі та вузли за великих програм їхнього випуску вимагають застосування складних за конструкцією і компонованням технологічних комплексів.

1.7 Основні терміни та визначення виробничого процесу

Вироби.

Промислова продукція – об'єкт промислового виробництва, призначений для застосування у сфері виробництва, експлуатації або споживання.

Товарна продукція – продукція, яка після виготовлення призначена для продажу.

Виріб – одиниця промислової продукції, кількість якої може обчислюватися в штуках або примірниках.

Стосовно конструкторської документації виробом вважають будь-який предмет або набір предметів виробництва, що підлягають виготовленню на підприємстві.

Неспецифікований виріб – виріб, що не має складових частин.

Специфікований виріб – виріб, що складається з кількох складових частин.

Деталь – виріб, виготовлений із матеріалу однієї марки без застосування складальних операцій.

Складальна одиниця – виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві–виробнику шляхом складальних операцій.

Комплекс – кілька специфікованих взаємопов'язаних виробів, не з'єднаних на підприємстві–виробнику шляхом складальних операцій.

Комплект – кілька виробів спільного функціонального призначення, як правило, допоміжного характеру, не з'єднаних на підприємстві–виробнику шляхом складальних операцій, наприклад, комплект інструменту, комплект запасних частин.

Складальний комплект – група складових частин виробу, які необхідно подати на робоче місце для складання цього виробу або його складової частини.

Комплектуючий виріб – виріб підприємства–постачальника, що застосовується як складова частина виробу, що випускається підприємством–виробником.

Оригінальний виріб – уперше розроблений виріб, застосований у конструкторській документації одного виробу.

Уніфікований виріб – виріб, застосований у конструкторській документації кількох виробів.

Стандартний виріб – виріб, який застосовують за стандартом, що повністю й однозначно визначає його конструкцію, показники якості, методи контролю, правила приймання та постачання.

Типовий виріб – виріб, що належить до групи виробів близької конструкції, володіє найбільшим числом конструктивних і технологічних ознак цієї групи.

Модернізований виріб – виріб, розроблений замість того, що випускається, з метою поліпшення значень основних показників якості за часткової зміни його конструкції.

Кількість машин, намічених до випуску за кресленням, вимагає вибору найекономічнішого технологічного процесу, обладнання, інструменту, ступеня механізації та автоматизації процесів виготовлення.

Робочі креслення деталей і машин загалом містять необхідні проєкції та перерізи, розміри з допусками, відомості про шорсткість

оброблюваних поверхонь, допуски, дані про матеріал заготовок, припуски на оброблення та інші технічні вимоги.

Принципові технологічні рішення визначають метод виготовлення заготовок, який обирають залежно від форми, розмірів і маси виготовленої деталі, обсягу випуску, технологічної оснащеності заготівельних цехів та інших чинників.

Точність заготовки залежно від методу її виготовлення визначає не тільки технологію механічного оброблення, а й поділ на чорнові, чистові та оздоблювальні операції.

Важливо також знати умови, в яких здійснюватиметься технологічний процес виготовлення деталей і машини загалом. Істотний вплив на це має стан обладнання, його завантаження і терміни його експлуатації. Моральний і фізичний знос устаткування є гальмом технологічного процесу на підприємстві і впливають не тільки на якість і точність продукції, що випускається, а й на виконання плану.

Під час проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин необхідно враховувати новітні досягнення в галузі обробки металів.

Основними **напрямами розвитку технології виготовлення деталей машин є:**

- отримання найточніших заготовок з наближенням їх за формою і розмірами до готових деталей, що вигідно не тільки з погляду економії металу, а й значного зменшення трудомісткості обробки і скорочення витрат на виробництво готової продукції;
- застосування автоматизованих верстатів і багатолезових інструментів, що забезпечують впровадження найпродуктивніших методів обробки;
- впровадження сучасних механічних і термохімічних методів зміцнення, що сприяє підвищенню експлуатаційних властивостей деталей машин і значно збільшує їхню надійність і довговічність;
- розробка оптимальних технологічних процесів і ширше застосування нових матеріалів у машинобудуванні;
- впровадження інформаційних технологій, що різко скорочують терміни і підвищують якість проектування.

1.8 Типи виробництва

Тип виробництва в машинобудуванні визначається програмою випуску однакових виробів і трудомісткістю їх виготовлення. Необхідність чіткого розмежування типів виробництва викликана неформальним судженням. Залежно від кількості виробів, що випускаються підприємством протягом року, визначається зміст проєктованих технологічних процесів їхнього виготовлення і вибір необхідного обладнання, інструменту, пристосувань тощо. Тип виробництва визначає характер вирішення таких важливих питань, як автоматизація і механізація виробничих процесів.

У машинобудуванні розрізняють три типи виробництва: одиничне, серійне і масове.

Одиничне виробництво – характеризується малим обсягом випуску однакових виробів, повторне виготовлення і ремонт яких, як правило, не передбачаються.

Серійне виробництво – характеризується виготовленням або ремонтом виробів періодично повторюваними партіями.

Масове виробництво – виробництво великих обсягів випуску виробів, які безперервно виготовляють або ремонтують тривалий час, протягом якого на більшості робочих місць виконують одну робочу операцію.

Тип виробництва визначає розташування обладнання на виробничій площі. При одиничному виробництві універсальні верстати встановлюють за груповою ознакою, тобто токарні, фрезерні, свердильні тощо. При серійному виробництві здійснюється принцип потокової форми організації технологічних процесів. Масове виробництво вирізняється потоковою формою організації технологічних процесів, суворим закріпленням операцій за певними верстатами. Тип виробництва характеризується **коефіцієнтом закріплення операцій**, який визначається за формулою:

$$K_{30} = N_O / N_P, \quad (1.1)$$

де N_O – кількість операцій;

N_P – кількість робочих місць, на яких виконуються різні операції.

Для різних типів виробництв K_{30} має такі значення:

Масове – 1

Великосерійне – 1 до 10

Середньосерійне – 10 до 20

Дрібносерійне – 20 до 40

Одиничне – 40

Під час вибору технологічного обладнання, проектування оснащення та інструменту необхідно враховувати тип виробництва. В одиничному виробництві використовують переважно універсальні верстати, пристосування і стандартний різальний інструмент, а також універсальний вимірювальний інструмент.

У разі серійного виробництва універсальне обладнання застосовується значно рідше, з'являється можливість широкого використання револьверних, багаторазових спеціальних верстатів і напівавтоматів, зокрема агрегатних. Застосовуються спеціальні пристосування та інструменти, що дає змогу значно прискорити обробку і знизити собівартість продукції.

У масовому виробництві здебільшого використовують спеціальне обладнання, оснащення, різальні та вимірювальні інструменти. При цьому слід орієнтуватися на оптимальні методи виготовлення деталей і складання.

1.9 Основні форми організації технологічних процесів

У машинобудуванні розрізняють дві форми організації технологічних процесів: потокову і неточну.

Потокове виробництво характеризується:

- закріпленням операцій обробки деталей за відповідними верстатами;
- розстановкою верстатів у послідовності, що відповідає вимогам технологічного процесу;
- безперервністю виробництва, тобто передачею оброблюваних деталей від попереднього верстата до наступного без транспортування їх на склад.

Непоточне виробництво орієнтоване на обробку деталей на верстатах партіями (після кожної партії верстати переналагоджують

на іншу партію деталей), верстати розставляють за операційними ознаками (токарні, фрезерні, шліфувальні тощо), після кожної операції деталі транспортують на склад до звільнення верстатів для наступної операції.

При виготовленні автомобільної техніки загалом виробництво має потоковий характер. Непоточне виробництво знаходить застосування у важкому і спеціальному машинобудуванні при серійному і дрібносерійному випуску продукції.

Для одиничного і дрібносерійного виробництва найхарактернішим є розташування обладнання за групами: організовують дільниці токарних, фрезерних, шліфувальних та інших верстатів.

У разі серійного виробництва доцільно застосовувати групову форму організації виробництва (ділянки обробки валів, шестерень, втулок). У цьому випадку кожна дільниця призначена для виготовлення однієї або декількох однотипних деталей.

Спеціалізація виробництва на одних і тих самих виробках забезпечує безперервне завантаження обладнання заготовками, що дає змогу широко використовувати спеціальні та спеціалізовані верстати й автомати, складні спеціальні пристосування й автоматизовані пристрої.

На сучасному підприємстві масового виробництва механічне оброблення деталей виконується за потокової форми організації технологічних процесів із широким застосуванням автоматичних ліній і складальних конвеєрів.

Потокова лінія характеризується тактом роботи. **Такт роботи** – інтервал часу, через який періодично здійснюється випуск виробів або заготовок певного найменування, типорозміру і виконання. Він розраховується за формулою

$$T = 60F \cdot n / N_i, \quad (1.2)$$

де F – дійсний фонд часу роботи обладнання за одну зміну, хв;

n – число змін у робочому дні;

N_i – число виробів, що підлягають обробці на автоматичній лінії за зміну.

При поточковому виробництві передача деталей від одного робочого місця до іншого здійснюється безперервно, що забезпечує

паралельне одночасне виконання всіх операцій. Якщо тривалість будь-якої операції більша за такт, то її ділять на кілька операцій, щоб тривалість кожної дорівнювала такту.

1.10 Інформаційні технології в підготовці виробництва автомобілів

Інформаційні технології застосовують на всіх етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва, включно зі створенням нових технологій, технологічного обладнання та процесу перебудови виробничих дільниць на нові типи виробів.

Оскільки верстатобудування не завжди може запропонувати технологічне устаткування, яке найкращим чином відповідає вимогам виробництва виробу, у низці випадків автомобільні заводи спільно з верстатобудівними створюють нові типи, конструкції та компонування технологічних машин і їхніх систем. Для цього також розробляють технічні завдання, пропозиції, робочі проекти тощо.

Технологічна підготовка виробництва зазвичай значно складніша за конструкторську, потребує більше часу і витрат праці, розроблення та оцінки більшої кількості варіантів для вирішення кожного технологічного завдання.

Особливість сучасного розвитку машинобудування полягає в інтенсивному впровадженні інформаційних технологій для підвищення ефективності виробництва. Якщо раніше інформаційним технологіям відводили допоміжну роль, то зараз вони є ключовим фактором, що має істотний вплив на прискорення розвитку та підвищення ефективності інших технологій, насамперед машинобудівних.

При створенні сучасних машин практика послідовного розроблення конструкції автомобіля і технології виробництва дедалі ширше замінюється паралельним розв'язанням цих проблем (за кордоном цей напрямок дістав назву «**Concurrent Engineering**» (CE) – **паралельне проєктування або паралельне проєктування та виробництво**), починаючи з відпрацювання конструкцій кожного вузла та деталі на «технологічність» до спільного розв'язання багатьох проблем, що визначають якість кінцевого продукту, собівартість його виготовлення, можливість максимального задоволення потреб споживачів та їхніх потреб.

Інститут стандартів і технологій США, який вже довгий час веде дослідницькі роботи та консультації працівників промисловості в галузі підвищення ефективності виробництва, вважає, що в сучасних умовах провідними є два напрями:

- 1) проектування конструкцій виробів таким чином, щоб вони були максимально підготовлені до виробництва без подальшого їхнього доопрацювання і внесення численних змін. Цей напрям отримав назву «Конструювання для виробництва» (Design for Manufacturing) і дуже інтенсивно розробляється багатьма вченими та фахівцями. Наші фахівці цей етап конструкторсько-технологічної підготовки виробництва називають відпрацюванням конструкції виробу на технологічність;
- 2) широке застосування методу паралельного проектування виробів з використанням комп'ютерних інформаційних технологій (CE). Мається на увазі паралельне, з деяким зсувом у часі, створення конструкції машини (та її елементів) і проектування виробничих процесів їх виготовлення (CE).

Слід зазначити, що на багатьох зарубіжних автомобільних заводах немає окремих технологічних служб і поняття «інженер-технолог». Проектування технологічних процесів виконує інженер-виробничник (Manufacturing Engineer), який добре знає конструкцію машини і технологію її виробництва, а загалом проєкт розробляється групами фахівців різного профілю.

За даними Інституту стандартів і технологій США, реалізація цих двох напрямів зменшує час на підготовку виробництва з 30 до 7 %, знижує кількість змін, що вносяться в проєкти, з 65 до 9 %, багаторазово зростає якість проєктних рішень, а продуктивність проєктів збільшується на 20–110 %.

Питання для самоперевірки

1. Які підгалузі промисловості утворюють галузь машинобудування?
2. За якими напрямками розвивається наука в галузі машинобудування?
3. Коли відбувся перехід до машинобудівного виробництва?

4. Навіщо студентам технічних спеціальностей необхідне знання історії інженерної, технічної та наукової діяльності?
5. Що таке ЄСКД та ЄСТД, навіщо вони потрібні?
6. Кого прийнято вважати розробником першого токарного верстата?
7. Для чого на виробництві конструктору потрібно бути в постійній співпраці з технологами?
8. Назвіть основний напрямок розвитку технологій машинобудування.
9. Чим можна пояснити явище самозаточування?
10. Що є предметом технології машинобудування?
11. Назвіть основний постулат промислового виробництва ХХІ ст.
12. Кого прийнято вважати винахідником першого автомобіля у світі?
13. Назвіть основні етапи розвитку автомобільної індустрії.
14. Чим характеризується розвиток автомобільної промисловості у 20-му столітті?
15. Які ви можете назвати сучасні тенденції та виклики для автомобільної індустрії?
16. В чому полягає роль інженера-конструктора в технологічному забезпеченні якості автомобіля?
17. Які основні причини технологічної неоднорідності виготовлюваних деталей?
18. Назвіть три основні напрямки в підвищенні рівня створення автомобільної техніки.
19. Яке основне завдання конструкторів і технологів при створенні сучасного автомобіля?
20. Які вихідні дані необхідно мати приступаючи до проектування автомобіля?
21. З чого складається технічна підготовка виробництва?
22. Яка мета проектування технологічних процесів?
23. Назвіть основні напрями розвитку технології виготовлення деталей машин.
24. Які три типи виробництва розрізняють у машинобудуванні?
25. Назвіть основні форми організації технологічних процесів.
26. Для чого в підготовці виробництва застосовують інформаційні технології?

ТЕМА 2. МАШИНОБУДІВНЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ВИРОБНИЧА СИСТЕМА

Промислове підприємство – це компактний виробничо–господарський комплекс (як правило, територіально–цілісний), що виробляє (або видобуває) на основі завершеної технології та організаційної єдності однорідну або переважно однорідну продукцію та реалізує її (рис. 2.1-2.2).



Рисунок 2.1 - Запорізький автомобілебудівний завод (ПАТ «ЗАЗ») – єдиний в Україні виробник автомобілів, фургонів та автобусів, що володіє технологією повномасштабного виробництва (входить до групи компаній «УкрАвто»)

До складу підприємства входять усі види майна, призначені для його функціонування, включаючи земельні ділянки, будинки, споруди, обладнання, інвентар, сировину, продукцію тощо.

Ознаки підприємства:

- соціальна єдність;
- виробничо–технічна єдність;

- фінансово–економічна самостійність;
- організаційно–адміністративна єдність.

Підприємство є самостійним суб'єктом господарювання, що означає свободу в прийнятті управлінських рішень, заснованих на аналізі внутрішнього і зовнішнього середовища.



Рисунок 2.2 – Виробництво автобусів А08 на ПАТ «ЗАЗ»

Внутрішнє середовище підприємства – це його власна економіка, що включає всі складові його виробничо–господарської діяльності: організацію виробництва та реалізацію продукції, забезпечення матеріальними, трудовими та фінансовими ресурсами.

Зовнішнє середовище підприємства – це економічні, правові та соціальні умови, в яких воно здійснює свою діяльність з виробництва та реалізації продукції.

Завданням машинобудівного підприємства є перетворення вхідних ресурсів на готову продукцію на виході. Як вхідний, тобто вихідний матеріал, підприємство отримує сировину (сортовий прокат, лиття, різні матеріали).

В ході виробничого процесу для підприємства вирішуються такі питання:

- забезпечення підприємства необхідними матеріальними ресурсами та обладнанням;

- впровадження нових технологій;
- забезпечення висококваліфікованими кадрами та навчання персоналу;
- складування ресурсів;
- збут продукції;
- фінансування;
- управління.

Кожне підприємство галузі має власну виробничу програму. **Виробнича програма** – це розгорнутий та докладний план виробництва продукції, що відображає обсяг, номенклатуру, асортимент та якість продукції.

Номенклатура та асортимент продукції є основними показниками виробничої програми підприємства.

Номенклатура продукції – це перелік різних виробів у програмі підприємства, що визначає основні напрямки виробництва та його спеціалізацію.

Асортимент продукції – це різновиди продукції певного найменування, що відрізняються техніко–економічними характеристиками (тирозмірами, зовнішнім виглядом тощо).

З метою узгодження запланованого обсягу випуску продукції з виробничими можливостями підприємства проводиться розрахунок виробничої потужності підприємства.

Виробнича потужність – це максимально можливий випуск продукції за певний період часу в заданій номенклатурі та кількісних співвідношеннях при повному використанні наявного виробничого обладнання та площ з урахуванням застосування прогресивної технології, організації виробництва та праці.

2.1 Виробничі ресурси підприємства

Виробничі ресурси — це джерела, кошти, які забезпечують виробничий процес.

Майно підприємства – це сукупність матеріальних, фінансових та нематеріальних активів, що належать підприємству та призначених для здійснення його діяльності. Майно підприємства спочатку створюється з допомогою майна, переданого йому засновниками у вигляді вкладів. Майно підприємства збільшується у процесі виробничої та господарської діяльності. Підприємство відповідає за

своїми боргами, майном що належить йому, оскільки можуть бути звернені позови господарських партнерів чи кредиторів у разі невиконання підприємством будь-яких зобов'язань перед ними. При визнанні підприємства неспроможним (банкрутом) його майно відповідно до встановлених законів процедурами може використовуватися для задоволення вимог кредиторів.

Майно підприємства включає всі види майна, які необхідні для здійснення господарської діяльності. Зазвичай у складі майна підприємства виділяють матеріальні, фінансові та нематеріальні активи.

До складу матеріальних активів входять: земельні ділянки, будинки, споруди, машини, обладнання, сировина, матеріали, напівфабрикати, готова продукція.

До фінансових активів відносяться: касова готівка, депозити в банках, вклади, чеки, розрахункові документи, страхові поліси, вкладення державних або приватних цінних паперів, споживчий кредит, пайові вклади в інші підприємства.

Нематеріальні активи включають: патенти на винаходи, товарні марки та знаки, фірмові найменування, репутацію підприємства, пакети документів, ноу-хау та інші види інтелектуальної власності, авторські права користування ресурсами.

Основою нормального функціонування підприємства є наявність достатнього обсягу фінансових ресурсів, які забезпечують можливість задоволення потреб підприємства для поточної діяльності та розвитку.

Фінансові ресурси підприємства – це грошові доходи та надходження, що знаходяться в розпорядженні підприємства і призначені для виконання фінансових зобов'язань, здійснення витрат, розширеному відтворенню та економічному стимулюванню на підприємстві. Формування фінансових ресурсів здійснюється з джерел, які можна поділити на **внутрішні** (власні кошти) та **зовнішні** (позикові кошти). Основними джерелами фінансування є кошти: статутний капітал, прибуток, амортизаційні відрахування та інші.

Статутний капітал є сумою коштів, наданих власниками задля забезпечення статутної діяльності підприємства.

Прибуток підприємства формується з його виробничої діяльності, будучи її кінцевим результатом.

Амортизаційні відрахування є грошове вираження вартості

знос основних виробничих фондів і нематеріальних активів.

Зовнішнє фінансування – використання коштів держави, фінансово–кредитних організацій, нефінансових компаній та громадян.

2.1.1 Основні виробничі фонди

Основні фонди підприємства являють собою фізичний капітал, тобто засоби виробництва, до яких відносять землю, виробничі будівлі, споруди, машини, обладнання, прилади, оснащення та ін. Грошовий вираз фізичного капіталу або кошти, вкладені в основні фонди, називають основними засобами підприємства.

За сферою застосування основні фонди діляться на виробничі (безпосередньо беруть участь у процесі виробництва) і невиробничі (не беруть участь у процесі виробництва — житлові будинки, об'єкти культурно–побутового обслуговування, дитячі установи тощо).

Основні виробничі фонди (ОВФ) — це засоби праці, які у незмінної натуральної формі протягом тривалого часу (щонайменше року) у процесі виробництва та втрачають свою вартість частинами, принаймні зношування.

До основних виробничих фондів відносять:

- будівлі та споруди;
- передавальні пристрої;
- машини та обладнання;
- транспортні засоби;
- інструменти та технологічне оснащення;
- виробничий та господарський інвентар;
- інші об'єкти.

ОВФ поділяють на активну і пасивну частини: до активної частини ОВФ відносять ті засоби праці, які безпосередньо впливають на предмети праці, змінюючи їх властивості, форми та геометричні розміри – це робочі машини, обладнання, інструменти; до пасивної частини ОВФ відносять ті засоби праці, які впливають на предмети праці безпосередньо, але створюють умови до роботи активної частини ОВФ — будівлі, споруди, передавальні пристрої, прилади, обчислювальна техніка та ін.

До ОВФ відносять також і інтелектуальну власність, враховуючи її на рахунок «Нематеріальні активи»: відкриття,

винаходи, раціоналізаторські пропозиції, програмні продукти, товарні знаки, фірмові найменування та ін.

Інтелектуальна власність – це продукти творчої праці, які юридично оформлені документом, що підтверджує право власності. За належністю кошти діляться за власні (числяться на балансі підприємства) і орендовані (належать іншому підприємству і експлуатуються тимчасово).

З часом функціонування ОВФ зношуються та їх замінюють новими. У цьому й полягає кругообіг ОВФ.

Розрізняють знос фізичний та моральний. **Фізичний знос** – це втрата основними фондами своєї споживчої вартості та непридатність їх для подальшої експлуатації. Зношування може бути повним (ОВФ замінюють новими) або частковим (відновлюють шляхом ремонту).

Для відтворення ОВФ роблять постійне перенесення їхньої вартості (зношеної частини) на виготовлений продукт. В результаті реалізації продукції ця перенесена частина повертається підприємству, її накопичують і потім витрачають на придбання нових фондів, а старі зношені списують з балансу підприємства. Цей процес перенесення вартості ОВФ на виготовлений продукт називають **амортизацією**. Для реалізації цього процесу встановлюють норми амортизаційних відрахувань за видами ОВФ, типами та різновидами машин, верстатів, обладнання, будівель та споруд.

2.1.2 Оборотні засоби підприємства

Оборотні кошти – це кошти підприємства, призначені для утворення оборотних виробничих фондів та фондів обігу.

Оборотні виробничі фонди (ОВВФ) — це предмети праці, які повністю споживаються у кожному циклі виробництва, змінюють свою натуральну форму і повністю переносять свою вартість на готову продукцію.

До **оборотних виробничих фондів** належать: сировина, основні та допоміжні матеріали, комплектуючі вироби, паливо та інші предмети праці.

До **фондів обігу (ФО)** належать кошти, які обслуговують процес реалізації продукції. До них відносяться: готова продукція на складі, яка чекає на реалізацію; продукція, відвантажені замовникам, але ще не сплачені ними; вільні кошти на рахунках банку; грошові ресурси та

кошти у незакінчених розрахунках (дебіторська заборгованість).

Оборотні кошти постійно перебувають у русі, постійно переходячи зі сфери виробництва, у сферу звернення, змінюючи при цьому свою форму. Кругообіг коштів починається з оплати підприємством матеріальних ресурсів які необхідні виробництву і закінчується поверненням цих витрат як виручки від продукції. Потім кошти знову використовуються підприємством для придбання матеріальних ресурсів та запуску їх у виробництво.

Час, протягом якого оборотні кошти проходять період виробництва та обігу, тобто здійснюють повний кругообіг, називається **періодом обороту оборотних коштів**.

Головне завдання ефективного використання оборотних коштів – забезпечити безперервність процесу виробництва та реалізації продукції з найменшим розміром самих оборотних коштів. Оборотні кошти мають різне призначення і по-різному використовуються у виробничо-господарській діяльності, тому вони мають певну класифікацію.

Класифікація оборотних виробничих засобів:

- 1) виробничі запаси:
 - а) сировина, основні матеріали, напівфабрикати;
 - б) допоміжні матеріали;
 - в) паливо;
 - г) тара та тарні матеріали;
 - д) покупні вироби;
 - е) запасні частини для ремонту;
 - ж) інструменти, інвентар та ін;
- 2) незавершене виробництво – продукція, не закінчена виробництвом і підлягає подальшій обробці;
- 3) витрати майбутніх періодів – витрати на підготовку і освоєння нової продукції, що виробляються в даний період, але за належним включенням до собівартості в майбутньому.

Оборотні кошти підприємства формують за рахунок власних та залучених (що знаходяться у тимчасовому користуванні) коштів.

За охопленням нормуванням оборотні кошти поділяються на нормовані оборотні кошти (виробничі фонди та готову продукцію на складі) та ненормовані оборотні кошти (відвантажену, але неоплачену покупцем продукцію, вільні кошти).

2.1.3 Трудові ресурси

Трудові ресурси є основним ресурсом кожного підприємства, від якості підбору та ефективності використання якого багато в чому залежать результати виробничої діяльності підприємства.

Під трудовими ресурсами підприємства (кадрами підприємства) прийнято розуміти весь основний (штатний) склад працівників підприємства.

Персонал промислових підприємств ділиться насамперед на промислово–виробничий і непромисловий персонал. До промислово–виробничого персоналу належать працівники, які безпосередньо пов'язані з виробництвом та його обслуговуванням. До непромислового персоналу належать працівники, зайняті у невиробничій сфері: житлово–комунальному господарстві, їдальнях, що належать підприємству тощо.

За характером виконуваних функцій промислово–виробничий персонал поділяється на чотири категорії:

- робітників;
- керівників;
- фахівців;
- технічних виконавців (службовців).

Робітники безпосередньо беруть участь у процесі виробництва; керують машинами, механізмами, установками; спостерігають за роботою автоматичного та робототехнічного обладнання; здійснюють ремонт, регулювання та налагодження машин; виконують вантажно–розвантажувальні роботи тощо.

У складі робітників виділяються дві групи: основних та допоміжних робочих. До **основних** відносять робітників, які безпосередньо зайняті виготовленням продукції (верстатники, оператори автоматичних установок тощо). До **допоміжних** — робітників, які обслуговують виробничі процеси (наладчики обладнання, ремонтники, робітники інструментальних цехів, транспортні та складські робітники тощо).

До **керівників** належать працівники, які обіймають посади керівників підприємства та його структурних підрозділів, а також їх заступники.

Фахівці складаються із працівників, зайнятих виконанням

інженерно–технічних, економічних, бухгалтерських, юридичних та інших аналогічних функцій.

Службовці здійснюють підготовку та оформлення документації, облік та контроль, зайняті господарським обслуговуванням та діловодством (касири, діловоди, секретарі тощо).

Співвідношення різних категорій працівників їх загальної чисельності характеризує структуру кадрів (персоналу) підприємства, цеху, ділянки. Структура кадрів також може визначатися за професіями, спеціальностями та рівнем кваліфікації.

Професія — вид діяльності, що потребує певних знань та трудових навичок, які набуваються шляхом загальної чи спеціальної освіти та практичного досвіду.

Спеціальність – вид діяльності в рамках тієї чи іншої професії, який має специфічні особливості та вимагає від працівників додаткових спеціальних знань та навичок. Наприклад: слюсар–наладчик, слюсар–монтажник, слюсар–сантехнік у рамках робітничої професії слюсаря. Або: економіст–фінансист, економіст–бухгалтер у рамках професії економіста.

Кваліфікація характеризує рівень знань та трудових навичок працівника за спеціальністю та відображається у кваліфікаційних (тарифних) розрядах, категоріях.

Система підготовки кадрів на машинобудівному підприємстві передбачає застосування різноманітних форм підготовки. Для робітників організують навчання в установах початкової професійної освіти безпосередньо на підприємстві на спеціальних курсах. Рівень кваліфікації визначає атестаційна комісія раз на три роки за результатами роботи та відповідного навчання. Для підтримки кваліфікації керівників та спеціалістів на високому рівні через кожні 3–5 років організують їхнє навчання та перепідготовку на спеціальних курсах підвищення кваліфікації, а також періодично проводять їх атестацію.

2.1.4 Кваліфікаційна характеристика

На кожну категорію виробничого персоналу є кваліфікаційна характеристика – короткий виклад основних завдань, навичок і умінь, прав і обов'язків, що пред'являються до різних фахівців.

Кваліфікаційна характеристика для кожної посади має три

розділи:

- **«Посадові обов'язки»**. У цьому розділі встановлені основні функції, які можуть бути доручені працівнику частково або повністю;
- **«Повинен знати»**. У цьому розділі містяться основні вимоги, які пред'являються працівникові щодо спеціальних знань, а також знань спеціальних та нормативних актів, інструкцій, які працівник повинен застосовувати під час виконання своїх посадових обов'язків;
- **«Вимоги до кваліфікації»**. У цьому розділі визначається рівень професійної підготовки працівника, необхідний виконання передбачених посадових обов'язків, вимоги до стажу роботи.

Кваліфікаційна характеристика для підприємства є основою складання посадових інструкцій. **Посадова інструкція** – це документ, що містить короткий виклад посадових обов'язків, потрібних навичок та повноважень.

2.2 Виробнича структура підприємства

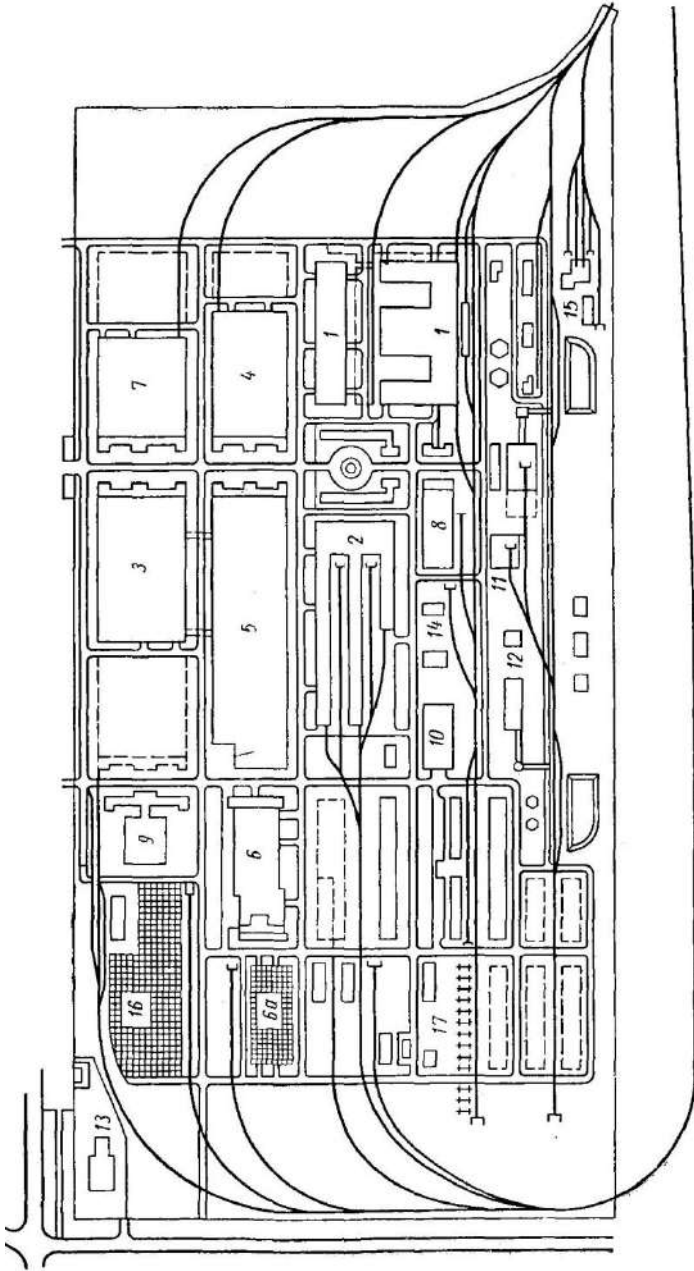
Під виробничою структурою підприємства розуміється склад ділянок, цехів і служб, що утворюють його, форми їх взаємозв'язку в процесі виробництва продукції.

На відміну від виробничої структури загальна структура підприємства включає різні загальнозаводські служби та господарства (ідальні, поліклініки та ін.).

Виробнича структура характеризує розподіл праці між підрозділами підприємства та кооперацію. Вона істотно впливає на економічні показники підприємства — якість продукції, зростання продуктивності праці, величину витрат виробництва, ефективність використання ресурсів.

Основною структурною виробничою одиницею підприємства є **цех** – це технологічно та організаційно відокремлений підрозділ, що виконує певну частину виробничого процесу підприємства.

Усі цехи, ділянки та господарства, що входять до складу машинобудівного підприємства, можуть бути поділені на цехи основного виробництва, допоміжні цехи та обслуговуючі господарства.



1 – корпус ливарних цехів, 2 – ковальський корпус, 3 – пресово-кузовний корпус, 4 – арматурно-метизний корпус, 5 – механозбірний корпус, 6 – деревообробний цех, 6а – склад лісоматеріалів, 7 – корпус допоміжних цехів, 8 – ремонтно-ливарний цех, 9 – інженерний корпус, 10 – корпус модельного та ремонтно-будівельного цехів, 11 – ТЕЦ, 12 – склад ПММ, 13 – автогараж, 14 – гараж авто-і електровізків, 15 – локомотивне депо, 16 – майданчик для готових машин та експедиція, 17 – скрапвідлочно база

Рисунок 2.3 – Приклад схеми генерального плану автомобільного заводу

Цехи основного виробництва виготовляють основну продукцію заводу, що реалізується споживачам. Вони діляться на заготівельні (ливарні, ковальські та ін.), що обробляють (механічні, термічні тощо) і складальні (комплектація).



Рисунок 2.4 – В складальному цеху основного виробництва автозаводу ЗАЗ

Допоміжні цехи займаються виготовленням для основного виробництва інструменту, технологічного оснащення, ремонтом будівель та обладнання, виробництвом та передачею енергії всіх видів (інструментальний, ремонтний та ін.).

Обслуговуюче господарство служить для безперебійної роботи основних та допоміжних цехів (складське, транспортне, енергетичне). До обслуговуючих підрозділів належать також лабораторії, які виконують контрольні випробування вихідних матеріалів та готової продукції (хімічна, металографічна, рентгенографічна та ін.) та відділи

технічного навчання та навчальні заклади, які займаються виробничою підготовкою та підвищенням кваліфікації робітників, інженерно–технічних працівників та службовців.

Також велику роль на підприємстві відіграють *підрозділи соціальної інфраструктури*, які покликані забезпечити соціальне обслуговування робітників, насамперед реалізацію заходів щодо покращення охорони праці, техніки безпеки, медичного обслуговування, побутового обслуговування тощо.

Допоміжні цехи та обслуговуючі господарства складають *виробничу інфраструктуру підприємства*, підрозділи соціальної інфраструктури — *невиробничу інфраструктуру*.

Виробнича структура підприємства – це сполука основних і допоміжних цехів, обслуговуючих господарств, а також форми їх виробничих зв'язків і пропорцій між окремими підрозділами, що знаходяться в тісному взаємозв'язку між собою.

Виробнича структура характеризує розподіл праці між підрозділами підприємства та кооперацію. Вона істотно впливає на економічні показники підприємства — якість продукції, зростання продуктивності праці, величину витрат виробництва, ефективність використання ресурсів.

Фактори, що впливають на виробничу структуру:

- галузева приналежність підприємства;
- характер продукції та метод її виготовлення;
- обсяг випуску продукції та її трудомісткість;
- рівень спеціалізації та кооперування з іншими цехами;
- особливості будівель, споруд, обладнання, сировина, матеріали, що використовуються.

Виробнича структура машинобудівного підприємства дуже різноманітна. Найбільш характерні три види виробничої структури: технологічна, предметна та змішана.

При *технологічному типі виробничої структури* цехи спеціалізуються у виконанні однорідних технологічних операцій, наприклад: штампувальний, термічний, складальний.

Технологічна спеціалізація призводить до ускладнення взаємозв'язку між ділянками та цехами, до частих переналагоджень обладнання, водночас, вона забезпечує високе завантаження обладнання та відрізняється відносною простотою керівництва

виробництвом.

При *предметному типі виробничої структури цеху* спеціалізуються виготовлення певного виробу чи його частини (вузли, агрегати), застосовуючи у своїй різні технологічні процеси. Така побудова створює можливість організації предметно замкнутих цехів, у яких виконуються різноманітні технологічні процеси. Такі цехи мають закінчений цикл виробництва.

Змішаний (предметно–технологічний) тип виробничої структури характеризується наявністю на тому самому машинобудівному заводі основних цехів, організованих за технологічним і за предметним принципом (наприклад: заготівельні цехи організовані за технологічним принципом, а механозбірні — за предметним).

На невеликих підприємствах створюється безцехова структура, коли замість цехів організуються самостійні виробничі ділянки.

Необхідною умовою успішної діяльності підприємства є раціональна побудова його виробничої структури.

2.2.1 Виробнича структура цеху

Цех – це основний підрозділ виробничого підприємства, що виробляє напівфабрикати або кінцеву продукцію, що здійснює окрему частину технологічного циклу виготовлення продукції.

Виробнича структура цеху – це склад та форми взаємозв'язку виробничих ділянок, ліній та інших внутрішньоцехових підрозділів. Виробнича структура визначає розподіл праці між окремими підрозділами цеху.

До складу виробничої структури цеху входять основні виробничі ділянки, допоміжні виробничі ділянки (інструментальна група, група механіка та ін.) та виробничі служби (інструментально–роздавальна комора, технічний архів тощо).

Головними елементами виробничої структури цеху є робочі місця та ділянки.

Первинною ланкою просторової організації виробництва є робоче місце. *Робочим місцем* називається неподільна в організаційному відношенні ланка виробничого процесу, яка обслуговується одним або декількома робітниками, призначена для виконання певної виробничої або обслуговуючої операції, та

оснащена відповідним обладнанням та організаційно–технічними засобами.

Робоче місце може бути простим (один працівник зайнятий використанням конкретного обладнання) та комплексним (обслуговується групою людей (бригадою) з певним розмежуванням функцій під час виконання процесу). Просте робоче місце може бути одно–і багатOVERстатним.

Робоче місце може бути стаціонарним та рухомиМ. Стаціонарне робоче місце розташоване на закріпленій виробничій площі, оснащeній відповідним обладнанням, а предмети праці подаються до робочого місця. Рухоме робоче місце пересувається з відповідним обладнанням (предметами праці).



Рисунок 2.5 – Пост контролю геометрії кузова автомобіля автозаводу ЗАЗ, як приклад стаціонарного робочого місця

Залежно від особливостей виконуваних робіт робочі місця поділяються на спеціалізовані та універсальні.

Ділянка – виробничий підрозділ, що об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за певними ознаками, що здійснює частину

загального виробничого процесу виготовлення продукції або обслуговування процесу виробництва.

На виробничій ділянці крім основних та допоміжних робітників є керівник – *майстер ділянки* (рос. – *мастер участка*).

Виробничі ділянки спеціалізуються подетально та технологічно. У першому випадку робочі місця пов'язані між собою частковим виробничим процесом виготовлення певної частини готового продукту; у другому – щодо виконання однакових операцій.

Ділянки, пов'язані між собою постійними технологічними зв'язками, об'єднуються у цехи.

Основні виробничі ділянки створюються за технологічним або за предметним принципом.

На *ділянках, організованих за принципом технологічної спеціалізації*, виконують технологічні операції певного виду. Наприклад, в механічному цеху можуть бути організовані токарна, фрезерна, свердильна, слюсарна та інші ділянки.

На *ділянках, організованих за принципом предметної спеціалізації*, здійснюються не окремі види операцій, а технологічні процеси в цілому та отримують закінчену продукцію для даної ділянки. Наприклад, ділянка з обробки корпусних деталей, ділянка з обробки валів. Планування устаткування на таких ділянках здійснюється у процесі технологічного процесу виготовлення певних деталей.

Склад виробничих ділянок та допоміжних підрозділів визначається конструкцією виробів, що виготовляються, технологічним процесом, програмою випуску та організацією виробництва.

За характером виконуваної роботи виробниче обладнання ділять на основне або технологічне (безпосередньо виконує операції технологічного процесу) і допоміжне (що не бере участі безпосередньо в технологічному процесі виготовлення виробів, але виконує обслуговування основного обладнання).

До складу виробничої площі включають площі, що займають робочі місця, допоміжне обладнання, що знаходиться на виробничих ділянках, проходами і проїздами між обладнанням усередині виробничих ділянок (крім площі магістрального проїзду).

На допоміжних площах розміщують все обладнання та пристрої допоміжних систем, які не розташовані на виробничих ділянках, а

також магістральні та пожежні проїзди.

Для руху автотранспорту, вантажних автомобілів та збиральних машин у цехах створюють магістральні проїзди завширшки не менше 4,0 м, яку обирають за нормами технологічного проектування.

На службово-побутовій площі цеху розміщують конторські та побутові приміщення. До конторських приміщень відносять площу, зайняту адміністративними службами цеху. У цю ж площу включають і площу конструкторських та технологічних бюро, які розміщуються в цеху.



Рисунок 2.6 – Приклад розміщення службових приміщень безпосередньо у цеху заводу

Побутовою називають площу приміщень, призначених для задоволення санітарно-гігієнічних та соціально-побутових потреб працюючих у цеху. Під **компонуванням цеху** розуміють взаємне розташування площ виробничих ділянок, допоміжних відділень, магістрального проїзду та службово-побутових приміщень на площі цеху. **Планування цеху** – це взаємне розташування технологічного та допоміжного обладнання та інших виробничих засобів та пристроїв на площах цеху.

Одним з показників організації виробничого процесу є вантажопотік, під яким розуміють суму однорідних вантажів (у

тоннах, штуках), що переміщуються в певному напрямку між окремими пунктами навантаження і вивантаження в одиницю часу (годину, зміну, добу тощо).

Механоскладальне виробництво зазвичай розміщують у будинках, що мають один або кілька прольотів. **Проліт** – це частина будівлі, обмежена в поздовжньому напрямку двома паралельними рядами колон.



Рисунок 2.7 – Як виглядає проліт цеху з колонами

Відстані між осями колон у поздовжньому напрямі називають кроком колон, а поперечному напрямку — шириною прольоту. Висота прольоту – це відстань від рівня підлоги до нижньої частини несучих конструкцій покриття будівлі.

Машинобудівне виробництво, з погляду виробничої структури, може бути представлене у вигляді окремих елементів – виробничих підрозділів та виробничих служб. Їхня діяльність спрямована на

виготовлення продукції необхідної якості та заданої програми випуску з найменшими витратами. Щоб отримати позитивний фінансовий результат, необхідно раціонально організувати роботу підрозділів та служб підприємства.

Принципи побудови виробничої системи: функціональність, мінімальність та пов'язаність.

2.2.2 Організаційна структура управління підприємством (цехом)

Цех – це основна структурна одиниця підприємства. Він наділяється повною виробничою та господарською самостійністю, є відокремленою виробничою одиницею та виконує виробничі функції.

Організаційна структура управління цеху — це упорядкована сукупність відділів, служб та підрозділів, що керує його діяльністю, і характеризується певними взаємозв'язками та підпорядкуванням, а також порядок розподілу функцій управління за різними рівнями та підрозділами. Структури управління повинні відображати цілі та завдання підприємства.

Структурний підрозділ є офіційно виділеним органом управління певним ділянкою діяльності організації (виробництва, обслуговування та ін.) з самостійними завданнями, функціями та відповідальністю за їх виконання.

Елементами структури є окремі працівники, служби та інші ланки апарату управління. У рамках структури протікає управлінський процес (рух інформації та прийняття управлінських рішень), між учасниками якого розподілені завдання та функції управління, а, отже, права та відповідальність за їх виконання.

Види структурних підрозділів:

- *управління та департаменти* (підрозділи, утворені за галузевою та функціональною ознакою, що забезпечують реалізацію окремих напрямів діяльності підприємства та здійснюють управління підприємством);
- *відділи* (функціональні структурні підрозділи, які відповідають за конкретний напрямок діяльності підприємства або за організаційно-технічне забезпечення реалізації одного чи кількох напрямків діяльності підприємства);

- *служби* (група об'єднаних за функціональною ознакою структурних одиниць, що мають споріднені цілі, завдання та функції);
- *бюро* (створюється або у складі більшого підрозділу (відділу, цеху), або як самостійний підрозділ).

Принцип формування структури управління полягає в організації та закріпленні тих чи інших функцій управління за підрозділами (службами) апарату управління.



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд ковальсько-пресового цеху

Все різноманіття організаційних структур управління можна розбити на дві великі групи:

- 1) бюрократичні структури – лінійно-функціональна, лінійно-штабна, дивізійна структури управління;
- 2) адаптивні (органічні) структури – проектна, матрична (програмно-цільова) структури управління.

Організаційна структура апарату управління характеризується різним числом ланок. Найбільш простою є **триланкова система: директор – начальник цеху – майстер**. Кожен із них несе особисту відповідальність за доручену йому ділянку роботи.

Начальник цеху відповідає за всі сторони роботи цеху та виконує всі функції технологічного та господарського керівництва цеху за допомогою підпорядкованого йому **цехового апарату управління**.

Функціональними органами управління великих цехів є планово–диспетчерське, технічне бюро, бюро праці та заробітної плати та ін. Великі ділянки цеху (відділення, прольоти) очолюють начальники ділянок (старші майстри), яким підпорядковані змінні майстри. Майстер є керівником та організатором виробництва та праці на ділянці. Він підпорядковується безпосередньо начальнику цеху, а в тих цехах, де є начальники дільниць чи начальники змін, відповідно, начальнику дільниці чи зміни.

Групою робітників, об'єднаних у бригаду, керує *бригадир*, який є старшим робітником і не звільняється від виробничої роботи, отримуючи доплату до тарифної ставки за виконання своїх обов'язків.

Усією діяльністю підприємства керує *директор* (керуючий), який може бути як власником майна (заводу), так і найманим працівником, в останньому випадку з ним укладається контракт.

Для забезпечення стратегічного, поточного та оперативного керівництва підприємством у директора є безпосередньо підпорядкований йому функціональний апарат управління та заступники. Кожен із них керує певною частиною роботи з управління виробничим процесом та має у своєму підпорядкуванні відповідні функціональні служби. У апараті заводоуправління виділяються функціональні структурні підрозділи (відділи, служби), а в цехах — бюро.

Приклад структури цеху.

Як правило, у цеху має бути кілька виробничих ділянок, а також можуть бути такі служби, відділи та бюро:

- виробничі ділянки;
- бюро інструментального господарства (БІГ);
- інструментально–роздавальна комора (ІРК);
- контроль приладів та пристроїв (КПП);
- складські приміщення для зберігання деталей, матеріалу, засобів індивідуального захисту;
- служба механіка;
- служба енергетика;
- планово–розподільне бюро або виробничо-диспетчерське бюро (ПРБ, ВДБ);
- бюро технічного контролю (БТК);
- технологічне бюро (ТБ);
- конструкторське бюро (КБ);

- бюро організації праці та заробітної плати (БТЗ);
- економічний відділ та бухгалтерія;
- архів;
- господарська служба.

Група робочих місць об'єднується у виробничі ділянки.

Виробнича ділянка – це виробничий підрозділ, що об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за певною ознакою, що здійснює частину загального виробничого процесу з виготовлення продукції або обслуговування процесу виробництва. На виробничій ділянці, крім основних та допоміжних робітників, є керівник – майстер ділянки.

У своїй трудовій діяльності майстру, та й будь-якому працівнику підприємства необхідно контактувати з людьми, відділами, службами, які займаються тією чи іншою діяльністю. У зв'язку з чим майстер повинен знати функції підрозділів цеху, заводу. Обов'язки керівників, фахівців та інших службовців позначені у Кваліфікаційному довіднику. Основні положення, завдання, функції, права та відповідальність підрозділів закріплюються в «Положенні по структурному підрозділу».

Функції деяких структурних підрозділів цеху:

Бюро інструментального господарства цеху (БІГ).

Відповідає за своєчасне та безперебійне забезпечення робочих місць основного виробництва якісним технологічним оснащенням та інструментом. Забезпечує зниження витрат на виготовлення, придбання, зберігання та експлуатацію інструменту, заточування та відновлення інструменту.

Інструментально-роздавальна комора (ІРК).

Забезпечує робочі місця різними видами інструменту (вимірювальними, допоміжними та ріжучими), пристосуваннями, штампами, абразивними кругами та іншим технологічним оснащенням, яке надходить у комору зі складів, цехів та майстерень підприємства.

ІРК мають бути розташовані на відстані не далі 100 м від робочих місць. Весь інструмент, що надходить з робочих місць, перевіряється на контрольно-вимірювальному пункті комори, потім придатний інструмент укладається на стелажі, зношений прямує на переточування, а зламаний – в ремонт.

Перевірка точного та складного інструменту, а також еталонів проводиться у центральній вимірювальній лабораторії. Комори

обслуговуються комірниками та робітниками з доставки інструменту до робочих місць.



Рисунок 2.9 – Інструментально–роздавальна комора (ІРК)

Служба механіка цеху.

Проводить заходи щодо запобігання позаплановим зупинкам обладнання, продовженню термінів служби вузлів та деталей, міжремонтних періодів, поліпшенню безпеки обладнання, підвищенню надійності його в експлуатації.

Вивчає причини підвищеного зношування обладнання, його простоїв. Вивчає умови роботи обладнання, окремих вузлів та деталей. Розробляє та впроваджує заходи щодо заміни малоефективного обладнання високопродуктивним, щодо скорочення позапланових ремонтів та простоїв обладнання, зниження витрат на ремонт та його утримання.

Організовує розробку планів (графіків) оглядів, випробувань та

профілактичних ремонтів обладнання відповідно до положень Єдиної системи планово-попереджувального ремонту, затверджує ці плани, контролює їх виконання, забезпечує технічну підготовку виробництва.



Рисунок 2.10 – Проведення метрологічного обслуговування засобів вимірювання у лабораторних умовах

Складає кошториси для проведення ремонтів. Оформляє заявки на придбання матеріалів та запасних частин, необхідних для експлуатації.

Організовує проведення інвентаризації виробничих основних засобів, визначає застаріле устаткування.

Служба енергетика цеху.

Організує технічно правильну експлуатацію та своєчасний ремонт енергетичного та природоохоронного обладнання та енергосистем, забезпечення виробництва електроенергією, паром, газом, водою та іншими видами енергії.

Проводить заходи щодо раціонального та ефективного використання (економії) всіх видів енергії і палива. Бере участь у розробці планів перспективного розвитку енергогосподарства. Дає

висновки з розроблених проектів, бере участь у випробуваннях та прийманні енергоустановок та мереж у промислово експлуатацію .

Організовує зберігання, облік наявності та руху енергообладнання, що знаходиться в цеху, а також облік, нормування та аналіз витрати електроенергії, палива, стисненого повітря тощо, техніко-економічних показників роботи енергосподарства, аварій та їх причин. Контролює виконання планового попереджувального ремонту (ППР) та приймає основне енергообладнання після капітального ремонту.

Виробничо–диспетчерське бюро (ВДБ).

Здійснює з використанням засобів обчислювальної техніки, комунікацій та зв'язку підготовку виробництва, координацію забезпеченості ділянок необхідною сировиною, матеріалами, конструкціями, комплектуючими виробами, обладнанням, а також транспортом та вантажно–розвантажувальними засобами.

Проводить нормативно–планові розрахунки щодо визначення розмірів партій запуску, термінів подач та норм запасів. Веде своєчасний облік випуску продукції та виконаних робіт, диспетчерських журналів та іншої технічної документації. Розробляє місячні виробничі програми та зміннодобові завдання із закріпленої ділянки роботи. Бере участь у розробці та впровадженні нормативів для оперативного планування виробництва.

Контролює комплектність незавершеного виробництва, дотримання встановлених норм заділів та календарних випереджень у роботі виробничих підрозділів. Розраховує календарні графіки завантаження обладнання з урахуванням ефективнішого використання виробничих потужностей, стежить їх виконанням. Аналізує роботу цехів та ділянок, шукає можливості скорочення циклу виготовлення продукції, виконання робіт (послуг), виявляє виробничі резерви, розробляє пропозиції щодо їх використання.

Контролює виконання плану виробництва та вживає заходів щодо забезпечення ритмічної роботи, попередження та усунення порушень ходу виробничого процесу, ефективного використання обладнання, створення сприятливих умов трудовим колективам для виконання виробничої програми. ВДБ складається з диспетчерів, плановиків, розподільників та комірників.

Технологічне бюро цеху (ТБ).

Бюро займається забезпеченням технологічної підготовки

виробництва у цеху, впровадженням розроблених технологічних процесів у виробництво. ТБ аналізує та удосконалює діючі технологічні процеси з метою підвищення продуктивності праці в цеху, зниження трудомісткості виготовлення продукції, економії матеріалів, покращення організації робочих місць, ліквідації браку.

Забезпечує виробничі ділянки необхідною технічною документацією, контролює внесення до неї змін у зв'язку із коригуванням технологічних процесів. Здійснює планування цеху, розміщення обладнання, організації робочих місць, їх атестації та раціоналізації, виконання розрахунків виробничих потужностей та завантаження обладнання.

Конструкторське бюро (КБ).

Займається створенням нових та модернізацією конструкцій виробів (комплексів, машин, апаратів, приладів, механізмів) діючого виробництва.



Рисунок 2.11 – Як виглядає сучасне конструкторське бюро на підприємстві

Проводить роботу з підвищення рівня уніфікації, стандартизації та сертифікації конструкцій виробів, що розробляються. Підготовляє

техніко–економічні обґрунтування ефективності нових конструкторських розробок. Здійснює конструкторську підготовку виробництва, своєчасне складання, погодження та затвердження креслень та іншої технічної документації, розробленої відділом.



Рисунок 2.12 – Сучасний інженер-конструктор в своїй роботі, для зручності, використовує одночасно як правило 2 монітори

Вирішує питання щодо підвищення якості та надійності виробів, рівня їх технологічності, екологічності, зниження їх собівартості, трудомісткості та матеріаломісткості.

Бере участь у монтажі, випробуваннях, налагодженні та пуску нових конструкцій виробів. Вносить подання на затвердження змін, що вносяться до технічної документації з конструкторської підготовки виробництва.

Бюро організації праці та заробітної плати (БПЗ).

Займається організацією праці та заробітної плати, підвищення продуктивності праці, стежить за правильним витрачанням фонду заробітної плати у цеху. Здійснює розробку та впровадження норм

витрат праці в усіх ланках виробництва, забезпечення широкого застосування технічно обґрунтованих норм виробітку та норм обслуговування для робітників, фахівців та службовців, підвищення питомої ваги цих норм у загальній трудомісткості продукції, що випускається. Аналізує якість застосовуваних норм та нормативів.

Бере участь у розробці завдань щодо зниження трудомісткості продукції (разом з технічними та іншими економічними службами підприємства) та контролю за їх виконанням.

Організовує та проводить систематичне вивчення використання робочого часу всіма категоріями працівників цеху шляхом застосування фотографій та самофотографій робочого дня, хронометражних спостережень та інших методів вивчення робочого часу.



Рисунок 2.13 – Бюро організації праці та заробітної плати

Виявляє та аналізує причини втрат робочого часу, розробляє пропозиції щодо поліпшення використання робочого часу та здійснення контролю за їх використанням.

Бере участь у розробці раціональних режимів роботи, графіків

змінності роботи бригад, дільниць та здійснює контроль за їх виконанням.

Контролює правильність застосування тарифних ставок, окладів, надбавок, доплат та коефіцієнтів до заробітної плати, правильність тарифікації робіт та встановлення розрядів робітникам. Веде облік у встановленому порядку «Переліку робіт та професій робітників», що оплачуються за підвищеними тарифними ставками у зв'язку з важкими та шкідливими умовами праці, особливо важкими та особливо шкідливими умовами праці.

Архів.

Працівники архіву організують зберігання та збереження документів, що надійшли до архіву. Приймають і реєструють документи, що надійшли на зберігання, закінчені діловодством (креслення на деталі та оснащення, стандарти підприємства, технологічні процеси і т.д.).

Відповідно до чинних правил шифрують одиниці зберігання, систематизують та розміщують справи, ведуть їх облік. Готують зведені описи одиниць постійного та тимчасового термінів зберігання, а також акти для передачі документів на державне зберігання або на списання та знищення матеріалів, терміни зберігання яких спливли.

Видають відповідно до запитів, що надходять, архівні копії та документи, складають необхідні довідки на основі відомостей, що є в документах архіву. Здійснюють контроль за станом документів, своєчасністю їх відновлення, дотриманням у приміщеннях архіву умов, необхідних для забезпечення збереження документів. Ведуть паперовий та електронний архів креслень.

Господарський майстер.

Займається роботою з господарського обслуговування цеху. Забезпечує збереження господарського інвентарю, його відновлення та поповнення, а також дотримання чистоти у приміщеннях та на прилеглий території.

Слідкує за станом приміщень та вживає заходів щодо своєчасного їх ремонту. Забезпечує постачання цеху необхідними меблями, інвентарем, обладнанням, витратними матеріалами та канцелярським приладдям.

Проводить інвентаризацію довіреного майна. Керує роботою обслуговуючого персоналу: робітниками, прибиральницями, комірниками, теслями, тощо. Веде звітність за встановленою формою.

2.3 Організація основного виробництва машинобудівного підприємства

2.3.1 Виробничий цикл та види руху предметів праці

Виробничий процес протікає не тільки у просторі, а й у часі. Тому для характеристики перебігу виробничого процесу у часі вводиться поняття виробничого циклу.

Виробничий цикл виготовлення виробу (партії) — це календарний період від запуску вихідних предметів праці у виробництво до перетворення їх на виріб, тобто час, протягом якого виконується виробничий процес або будь-яка його частина (операція, збирання, випробування).

Тривалість виробничого циклу вимірюється в календарних днях (при малій трудомісткості – у годинах) і складається з часу виробництва та перерв:

- **час виробництва** – час виконання технологічного процесу або операційний час (час виконання технологічних операцій і підготовчо–заклучний час (переналагодження обладнання та ін.), час проходження природних процесів (сушіння пофарбованих виробів, остигання поковок тощо), час на проведення контрольних операцій та час транспортування;
- **час перерв** – час міжопераційного пролежування деталей і час на перерви, пов'язані зі зміною режимів роботи (міжзмінні).

Час виконання основних операцій обробки виробів становить технологічний цикл і визначає час, протягом якого здійснюється прямий або непрямий вплив людини на предмет праці.

Міжопераційні перерви поділяються на перерви партійності, очікування та комплектування. Перерви партійності пов'язані з обробкою та передачею виробів робочими місцями, внаслідок чого кожна деталь у робочого місця пролежує в очікуванні обробки всієї партії. Ці перерви входять у операційний цикл обробки партії.

Перерви очікування спричинені неузгодженістю тривалості суміжних операцій технологічного процесу. Перерви комплектування виникають при обробці деталей комплектами, коли готові заготовки, деталі, складальні одиниці пролежують в очікуванні інших деталей,

заготовок, складальних одиниць, що з ними входять в один комплект.

Міжзмінні перерви регламентовані режимом роботи підприємства та ділянки (перерви на обід, між змінами, неробочі зміни, вихідні та святкові дні). Тривалість виробничого циклу розраховується на один виріб або партію виробів, і під час її визначення враховується тільки час неперекривних елементів циклу.

Основу виробничого циклу становить технологічний процес, що у свою чергу складається з операційних циклів.

Операційний цикл – це тривалість обробки партії деталей на одній операції процесу.

Види руху предметів праці:

- **послідовний** – всі наступні операції виробничого процесу з предметами праці починаються після виконання обробки всієї партії предметів праці на попередній операції (наприклад, у заготівельних та обробних цехах серійного виробництва), операційний час найдовший.
- **паралельний** – предмети праці передають на наступні операції негайно після виконання попередніх операцій незалежно від готовності всієї партії продукції (наприклад, на потокових лініях та у складальних цехах), операційний час найменший.
- **паралельно-послідовний** – виготовлення предметів праці на наступних операціях починається до закінчення виготовлення всієї партії на попередній операції з таким розрахунком, щоб робота на кожній операції з даної партії в цілому йшла без перерв (в основному в обробних цехах).

2.4 Організація цехів основного виробництва

До **основних цехів** машинобудівного виробництва належать цехи, діяльність яких пов'язана з якісним перетворенням предметів праці. Це виробництво призначене для виготовлення напівфабрикатів (заготівель) необхідних виготовлення основних виробів заводу і підлягають обробці інших цехах чи відправлення набік.

Отже це цехи, які виробляють основну продукцію заводу. На машинобудівних підприємствах існує три групи основних цехів: заготівельні, обробні та складальні.

Заготівельні цехи — ливарні, ковальські, пресові, розкрійно-

заготівельні тощо. буд. Діяльність цих цехів спрямовано на постачання інших цехів заводу заготовками, чи відвантаження їх у бік подальшої обробки.

Обробні цехи організовані за технологічним принципом: механічні, термічні, фарбувальні.

Складальні цехи в ряді виробництв, переважно крупносерійному та масовому, застосовують організацію цехів за предметним принципом (цех двигунів, цех валів): механозбірні, збірні, зварювальні, зварювально–складальні.

В основному виробництві виконуються технологічні процеси щодо зміни якісних характеристик об'єкта виробництва. Наприклад, заготовки, пройшовши механічну обробку, набувають необхідної форми, розмірів, шорсткості, властивостей поверхневого шару матеріалу, а в складальному виробництві з готових деталей і комплектуючих виробів роблять збірку вузлів і машин з необхідними параметрами якості.

Важливою умовою функціонування та безперебійної роботи основного виробництва є злагоджена робота допоміжних цехів (інструментального, модельного, ремонтно–механічного та ін.). Між основними та допоміжними цехами мають бути встановлені та чітко налагоджені наступні зв'язки:

- енергетичні;
- матеріальні;
- інформаційні.

Обслуговування основного виробництва – це процеси, спрямовані на реалізацію послуг для його життєдіяльності (транспортування заготовок, готових деталей, складування, комплектування, прибирання приміщень, вивіз сміття тощо).

2.4.1 Технологічний процес та його структура

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана зі зміною фізичного стану матеріалу, розмірів, форми, зовнішнього вигляду та взаємного розташування елементів при виготовленні та складанні виробу.

Розрізняють два основні етапи технологічного процесу: виготовлення виробів та складання.

Технологічний процес поділяють на операції.

Технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці одним робітником безперервно над однією деталлю або складальною одиницею (свердління отворів в деталі, нарізування зубів зубчастого колеса, нанесення різних покриттів та ін.).

Елементи технологічних операцій (ГОСТ 3.1109–82).

Технологічний перехід – це закінчена частина технологічної операції, що виконується одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та установці.

Установка – частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або збирається складальною одиницею.

Прийом – закінчена сукупність дій, спрямованих на виконання технологічного переходу або його частини та об'єднаних одним цільовим призначенням.

Структурою технологічного процесу називається послідовність перетворення заготовки готову деталь. Для кожної деталі технологічний процес має власну структуру.

Технологічна операція реалізується на певному устаткуванні, за участю або без участі людей. На операцію розробляється вся основна технологічна документація.

Технологічні операції діляться:

- ручні (виконуються без допомоги машин та механізмів);
- машинно-ручні (заміна ручної праці машинами на окремих операціях);
- машинні (виконання всіх виробничих операцій без застосування ручної праці, крім управління машинами та механізмами);
- апаратурні (протікають у спеціальних агрегатах, ваннах, печах без участі робітників).

-

Трудомісткість операції — кількість часу, затрачуване робочим необхідної кваліфікації за нормальної інтенсивності праці та відповідних умов виконання технологічного процесу чи його частини.

Одиниця виміру – норма–година (рос. норма-час). Необхідною умовою успішної діяльності підприємства є раціональна побудова його виробничої структури.

2.5 Організація поточкових та автоматизованих методів виробництва

2.5.1 Особливості поточкового методу виробництва

Поточним виробництвом називається така форма організації виробничих процесів, яка характеризується ритмічною повторюваністю узгоджених у часі операцій, що виконуються на спеціалізованих робочих місцях, які розташовані в послідовності по ходу виробничого процесу.

Поточне виробництво характеризується низкою ознак:

- на кожній поточковій лінії виготовляється один або кілька технологічно подібних між собою виробів;
- за кожним робочим місцем закріплюється одна операція чи перехід;
- робочі місця на лінії розташовуються відповідно до послідовності операцій технологічного процесу;
- передача деталей з операції на операцію проводиться поштучно або невеликими передавальними партіями без міжопераційного пролежування або з короткими перервами;
- технологічний процес та окремі операції здійснюються з дотриманням певного ритму.

Ефективність поточкового виробництва визначається найменшою тривалістю виробничого циклу, можливістю застосування механізації та автоматизації передачі заготовок з однієї операції на іншу.

Основна ланка поточкового виробництва – це **потокова лінія**, яка є сукупністю робочих місць, на яких виробничий процес здійснюється відповідно до ознак поточкового виробництва.

Класифікація поточкових ліній залежно від типу виробництва:

- **однопредметні** – на яких обробляються деталі або збираються вузли і вироби одного типорозміру протягом тривалого часу, що визначається періодом випуску виробів. На машинобудівних підприємствах однопредметні поточкові лінії поширені у цехах та на ділянках масового виробництва. Як правило, однопредметними створюються автоматичні поточкові лінії;
- **багатопредметні** – на яких одночасно або послідовно обробляються вироби різних типорозмірів, але подібні за

конструкцією або технологією виготовлення. Зміна виробу, що виготовляється на лінії, може супроводжуватися переналагодженням обладнання всіх або частин робочих місць. Багатопредметні потокові лінії не завжди можна завантажити, тому це викликає необхідність поділу їх на два види: групові та змінні лінії.

Групова потокова лінія – це така лінія, на якій обробляються різні складальні одиниці або деталі за однаковим технологічним маршрутом на тому самому обладнанні без переналагодження. Групові потокові лінії створюються там, де на робочих місцях виконуються подібні або однакові технологічні операції.

Змінна потокова лінія характеризується тим, що різні вироби по черзі обробляються з переналагодженням обладнання. Для зменшення кількості переналагодження обладнання необхідно підбирати вироби з близькими конструктивними формами або подібними у технологічному відношенні. Ці вироби запускаються партіями, після закінчення обробки однієї партії деталей, обладнання лінії переналагоджується на виготовлення іншої партії подібних деталей. Таким чином, вироби обробляються поперемінно.

Якщо тривалості всіх операцій на потоковій лінії рівні або кратні один одному, то таку ідеальну по безперервності руху деталей поточкову лінію називають **синхронізованою**.

Залежно від ступеня синхронізації потокові лінії діляться на: **безперервні** та **перервні** (несинхронізовані) прямоочні **лінії**. Перервні лінії характеризуються тим, що через нерівність і несинхронність операцій технологічного процесу частина деталей пролежує деякий час між операціями, що призводить до утворення міжопераційних оборотних заділів.

Отже, поточкове виробництво характеризується тим, що в ньому дотримуються основних засад раціональної організації виробничого процесу.

До поточкових ліній з примусовим рухом належать лінії, у яких передача виробів з операції на операцію здійснюється за допомогою єдиного для всіх операцій транспортного засобу. До таких засобів належать конвеєри різних видів.

2.5.2 Поняття автоматизованого виробництва

Автоматизація виробництва – це комплекс заходів щодо розробки нових прогресивних технологічних процесів та створення на їх основі високопродуктивного обладнання, що виконує всі основні та допоміжні операції з виготовлення виробів без безпосередньої участі людини. Автоматизації завжди передував *процес механізації* – часткової, первинної автоматизації виробничих процесів на базі такого технологічного обладнання, яким управляє оператор, який також здійснює контроль виробів, регулювання та налагодження обладнання, завантаження–вивантаження виробів, тобто допоміжні операції. Механізація може досить ефективно поєднуватись з автоматизацією конкретного виробництва.

Автомат – це самостійно діючий пристрій або сукупність пристроїв, що виконують за заданою програмою без участі людини процеси отримання, перетворення, передачі та використання енергії, матеріалів та інформації.

Робочий цикл – це послідовність виконуваних автоматично запрограмованих процесів.

Напіваавтомат – це пристрій, відновлення роботи якого потребує участі людини.

Процес, обладнання або виробництво, що не вимагає присутності людини протягом певного проміжку часу для виконання ряду повторюваних робочих циклів, називають *автоматичним*. Якщо частина процесу виконується автоматично, а інша частина вимагає присутності оператора, такий процес називають *автоматизованим*.

2.6 Організація робочого місця

Робоче місце – це зона трудових дій робітника, оснащена обладнанням, інструментом, оснащенням, де безпосередньо здійснюються трудові процеси. На робочому місці виконуються робітникам певні операції. Забезпечення безпечних умов та охорони праці на робочому місці є обов'язком роботодавця.

Організація робочого місця – це оснащення його засобами та предметами праці, розміщеними в певному порядку. Чим раціональніше організовано робоче місце, чим зручніше, тим вища продуктивність праці, менше непродуктивні втрати робочого дня.



Рисунок 2.14 – Приклад автоматизації робочого місця на конвеєрі автозаводу (пост установки коліс)

Елементи організації робочого місця:

Оснащення – механізми, верстати, апаратура, інструмент, робочі меблі, підйомно–транспортне обладнання, світильники, вентиляція, прилади, захисні пристрої тощо.

Планування — раціональне розміщення самих робочих місць за площею цехів та ділянок, а також розміщення в межах робочого місця технологічного та допоміжного обладнання, меблів, самого працівника.

Ергономічні вимоги до оснащення робочого місця:

- гігієнічні – стан повітряного середовища (температури, вологості, атмосферного тиску, запиленості); наявність та рівень шуму, вібрації, радіації, магнітних та електричних полів; наявність та відсутність токсичних парів та газів;
- антропометричні – відповідність конструкції обладнання розмірам тіла людини;
- фізіологічні;
- психофізіологічні – відповідність технічних та організаційних факторів робочого місця психофізіологічним особливостям працюючих;
- психологічні.

Загальні ергономічні вимоги до організації робочих місць визначає ГОСТ 12.2.049–80, під час виконання робіт сидячи — ГОСТ 12.2.032-78, під час виконання робіт стоячи — ГОСТ 12.2.033-78, загальні вимоги до робочих місць – ГОСТ 12.2.061-81.

Велика увага приділяється основним функціям обслуговування робочих місць: виробничо-підготовчій, інструментальній, налагоджувальній, енергетичній, ремонтній, контрольній, транспортній, складській, ремонтно-будівельній, господарсько-побутовій.

При організації робочого місця верстатника слід дотримуватись інструкцій з експлуатації обладнання, техніки безпеки, санітарних норм і правил тощо.

Основними завданнями організації обслуговування робочих місць є виявлення непродуктивних втрат та витрат робочого дня. Важливо скоротити витрати верстатника на виконання допоміжних робіт.

Організація робочих місць та його обслуговування є одним із головних завдань організації виробництва.



Рисунок 2.15 – Загальний вигляд робочих місць верстатників

Показники оцінки технічного рівня робочого місця.

Для оцінки технічного рівня робочих місць застосовують такі показники:

- для робочих місць з обладнанням: продуктивність застосовуваного обладнання; відповідність обладнання вимогам забезпечення якості продукції; прогресивність технологічного процесу, що застосовується; забезпечення технологічної оснащеності робочого місця;
- для робочих місць без устаткування: обґрунтованість використання ручної праці; забезпеченість робочого інструментом; технічний рівень та якість використовуваного інструменту;
- організаційний рівень робочого місця: раціональність планування; кількість та трудомісткість закріплених робіт; змінність і т.д.;
- умови праці та техніка безпеки: відповідність санітарно–

гігієнічних умов вимогам нормативів; застосування важкої фізичної праці; монотонність праці; забезпечення безпеки.

2.7 Виробнича інфраструктура підприємства

2.7.1 Інструментальне господарство

Інструментальне господарство – це сукупність підрозділів, зайнятих придбанням, проектуванням, виготовленням інструменту та технологічного оснащення, організацією їх обліку, зберігання, експлуатації та ремонту.



Рисунок 2.16 – Інструментальний цех заводу

Структура та організаційні форми інструментального господарства дуже різноманітні і залежать від типу виробництва, виду продукції, її конструкторської та технологічної складності та обсягу

виробництва.

Інструментальне господарство на підприємстві включає виробничі ланки (дільниці, цехи) з виготовлення інструментів; складські та комплектуючі підрозділи (центральный інструментальний склад; цехові інструментально–роздавальні комори); підрозділи з відновлення та ремонту інструментів; підрозділи із інструментозабезпечення робочих місць.

Завдання та обсяг робіт з організації інструментального господарства визначаються особливостями основного виробництва, складністю продукції, що використовується, використовуваним обладнанням, масштабами виготовлення однотипної продукції, ступенем її новизни і так далі.

Умовою раціональної організації та економічного використання інструменту є його чітка класифікація. Це необхідно для вибору однотипного та взаємозамінного інструменту, конструктивно та технологічно подібних його видів при доборі партії оснащення, що одночасно виготовляється, організації його зберігання, визначення порядку отримання та виробництва. Важливе значення має класифікація інструменту, для виявлення ступеня застосовності різних його видів та обґрунтування раціональних форм його отримання з виробництва.

Тож спрощення організації інструментального господарства виробляється класифікація інструмента.

Інструмент розрізняють за характером використання: універсальний (нормальний, стандартний) та спеціальний інструмент.

Універсальний інструмент застосовується на всіх підприємствах промисловості і під час операцій певного роду. Спеціальним називається інструмент, який використовується на підприємстві для виконання певної операції під час виготовлення конкретних деталей продукції.

За призначенням інструмент ділиться на обробний, контрольно–вимірювальний та технологічне оснащення (рос. технологическая оснастка). Металообробний інструмент, наприклад, поділяють на різальний, вимірювальний, слюсарно–монтажний, допоміжний. Технологічне оснащення включає пристосування, штампи, ливарне оснащення (моделі, прес–форми тощо). Перш, ніж організувати виробництво чи придбання інструменту у постачальників заводу, виявляють потребу в ньому.



Рисунок 2.17 – Технологічне оснащення металообробних верстатів

Визначення потреби в інструменті ґрунтується на нормах його зносу. На практиці використовуються галузеві нормативи витрати інструменту на 1 000 верстато-годин або 100 одиниць готової

продукції. Для виробництва, норми витрати інструментів розраховуються на 1 000 год роботи однотипних верстатів.

Важливою функцією організації інструментального господарства є **регулювання запасу інструмента**. Мінімальна кількість інструменту, необхідна підприємству для безперервної роботи, утворює оборотний фонд. Він включає складські запаси в центральному інструментальному складі (ЦІС) та в цехових інструментально-роздавальних коморах (ІРК), експлуатаційний фонд на робочих місцях та інструмент у заточенні, ремонті, відновленні та перевірці. Інструмент на робочих місцях та в ІРК складає цеховий оборотний фонд. Сума цехових оборотних фондів та запасів у ЦІС утворює загальнозаводський фонд.

Основна частина запасу інструменту, що включає резервний фонд для діючого виробництва та інструмент для нових об'єктів, знаходиться в ЦІС.

Зберігання та комплектація інструменту здійснюються в ряді ланок, у тому числі і в ЦІС, що забезпечує приймання, зберігання, регулювання запасів та видачу інструменту цехам. Весь інструмент, виготовлений інструментальними цехами або закуплений на стороні, має надійти до ЦІС. Громіздкий інструмент передається безпосередньо до цеху з відповідними супровідними документами.

Інструмент, що надходить з-поза меж заводу, приймається за супровідними документами, та при прийманні перевіряється його кількість працівниками ЦІС, а якість контрольним пунктом відділу технічного контролю у ЦІС.

ЦІС складається з відділень та ділянок, спеціалізованих за групами інструментів. Нормальний (універсальний) інструмент розташовується за типорозмірами, спеціальний – за виробами, деталями та операціями, для виробництва яких він призначений.

Місця зберігання інструменту повинні бути пронумеровані: нумерують стелажі, полиці та комірки кожного стелажу. Інструмент для виробів, знятих з виробництва, повинен бути зданий на базу відновлення інструменту або в брукт.

За кожним номером інструменту ведуться облік та поповнення запасів. Облік приходу ведеться виходячи з документів, що надходять разом із партією інструментів, а облік витрати — за документами видачі інструменту цехам. У цій же карті проставляються позначення місця зберігання та розміри запасів у ЦІС. Крім зберігання, обліку та

регулювання запасів у ЦІС ведеться постійна робота з постачання інструментом цехових інструментально-роздавальних комор у межах встановлених лімітів.



Рисунок 2.18 – Місця зберігання інструменту (пронумеровані стелажі, полиці та комірочки кожного стелажу)

ІРК організуються в основних і допоміжних цехах для забезпечення робочих місць інструментом і своєчасної заміни інструменту, що затупився і прийшов у непридатність. Основними функціями ІРК є: одержання інструменту з ЦІС; його зберігання та облік; видача на робочі місця та приймання з робочих місць; відправка в переточування, ремонт, перевірка та наступне приймання; списання зношеного інструменту; відправка на відновлювальну базу або в брухт.

Організація роботи інструментального цеху.

Інструментальний цех повинен виготовляти спеціальний інструмент для основних цехів та допоміжних цехів та служб заводу, проводити ремонт та заточування інструменту як для себе, так і для інших цехів заводу.

Основні ділянки інструментального цеху можуть бути як технологічними, так і предметними, в залежності від потрібної кількості того чи іншого виду інструменту та завантаження обладнання.

Організація заточування інструменту. Заточування різального інструменту може проводитися безпосередньо основними робітниками або робітниками–заточниками в централізованому порядку.



Рисунок 2.19 – Процес заточування різального інструменту

Організація ремонту та відновлення інструменту. Ремонтувати частково зношений або поламаний інструмент необхідно в тому випадку, якщо витрати на його ремонт менші або дорівнюють залишковій частині вартості інструменту з урахуванням його зносу. Ремонт складного та дорогого інструменту (штампів, моделей пристроїв) має бути планово–попереджувальним. Ремонт інструменту

у великих цехах повинен проводитися на великих ремонтних базах, а інших цехів — в інструментальному цеху.

2.7.2 Ремонтне господарство

Кінцевий результат роботи машинобудівних підприємств великою мірою визначається технічним станом виробничого устаткування. У процесі експлуатації обладнання піддається фізичному та моральному зносу, внаслідок чого відбувається зниження його потужності, продуктивності та точності, порушення ходу виробничого процесу. Для підтримки обладнання у працездатному стані необхідно проводити якісне технічне обслуговування та ремонт. З цією метою для підприємства створюється служба головного механіка.

Ремонтне господарство – це сукупність виробничих підрозділів, що здійснюють комплекс заходів щодо нагляду за станом обладнання, догляду за ним та ремонту.

До складу служби ремонтного господарства входять ремонтно–відновлювальна база підприємства, склади, цехи та загальнозаводські відділи ремонтного господарства (технологічний, обладнання, диспетчерський).



Рисунок 2.20 – Ремзона транспортного цеху заводу

Залежно від масштабів виробництва (розмірів заводу), ремонтно-відновна база підприємства може містити:

- ремонтно-механічний цех, що підпорядковується головному механіку підприємства та виконує ремонт технологічного обладнання, а також виготовлення запасних частин;
- ремонтно-будівельний цех, який виконує ремонт будівель, споруд, виробничих, складських та службових приміщень та підпорядкований відділу капітального будівництва;
- електроремонтний цех, підпорядкований головному енергетику та ремонт енергоустаткування;
- склади обладнання та запасних частин.

Крім того, в цехах доцільне створення ремонтних баз, підпорядкованих цеховому механіку, головним завданням яких є підтримка у працездатному стані технологічного обладнання, здійснення профілактичних оглядів, різноманітних ремонтних робіт.

Загальнозаводські відділи ремонтного господарства підпорядковуються головному механіку поруч із ремонтно-механічним і ремонтно-будівельним цехами. Разом з цими підрозділами у його службі можуть бути організовані бюро планово-попереджувального ремонту та планово-виробниче бюро.

Характерними роботами для ремонтного господарства підприємства є:

- паспортизація та атестація обладнання;
- розробка технологічних процесів ремонту обладнання та матеріальна підготовка ремонтних робіт;
- планування та виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту обладнання;
- модернізація обладнання.

Для попередження нераціональних втрат у виробництві та скорочення витрат на ремонт служить **система планово-попереджувального ремонту** – сукупність різного виду робіт з технічного догляду та ремонту обладнання, що проводяться за задалегідь складеним планом з метою забезпечення найбільш ефективної експлуатації обладнання.

Таким чином, роботи з догляду, нагляду, обслуговування та ремонту обладнання з метою запобігання наростаючому зносу, попередження аварійних ситуацій і, як наслідок, підтримки обладнання в постійній готовності до роботи, є сутністю системи

планово–попереджувального ремонту. В її основі закладено роботи з **технічного обслуговування** обладнання та виконання планових ремонтів — **поточних, середніх і капітальних**.

Технічне обслуговування включає роботи з огляду обладнання, перевірки на точність, промивання, мащенні тощо. Ці види робіт виконуються за заздалегідь складеним графіком і мають періодичний характер із чітко вираженою повторюваністю.

Планові ремонти за змістом виконуваних робіт, трудомісткістю та періодичністю поділяються на поточний, середній та капітальний ремонти.

Поточний ремонт здійснюється в процесі експлуатації обладнання шляхом заміни окремих деталей, частин з подальшою перевіркою на точність, центруванням тощо.

Середній ремонт включає частковий розбір агрегату, капітальний ремонт окремих складальних одиниць із заміною основних деталей, вузлів, третьових поверхонь, складання, регулювання і випробування.

Капітальний ремонт є найбільш трудомістким, тривалим і дорогим процесом, пов'язаним з повною заміною основних деталей, вузлів, розбиранням двигунів, трансформаторів. Капітальний ремонт, як правило, супроводжується зняттям обладнання з фундаменту, з подальшим збиранням та випробуванням.

Система планово–попереджувального ремонту заснована на використанні наступних нормативів:

- ремонтні цикли (період часу між двома капітальними ремонтами) та їх структура (послідовність всіх видів ремонту);
- тривалість міжремонтних періодів та періодичність технічного обслуговування;
- категорії складності ремонту;
- нормативи трудомісткості;
- норми запасу деталей та оборотних вузлів.

Технічна підготовка проведення ремонтних робіт характеризується виконанням проектних робіт з розбирання та подальшого збирання обладнання, складанням відомості дефектів, поломок та несправностей. Їх усунення потребує відповідного опрацювання відновлювальних робіт та операцій.

Матеріальна підготовка зводиться до складання відомості

матеріалів, комплектуючих деталей, інструментів та пристроїв, необхідних для проведення ремонтних робіт.

Організаційна підготовка може бути виконана із застосуванням одного з таких методів: централізованим, децентралізованим та змішаним. **Централізований метод** характеризується тим, що всі види ремонтних робіт виконуються силами заводського ремонтно–механичного цеху. Якщо вони виконуються цеховою службою ремонту, метод називається **децентралізованим**.

Змішаний метод дозволяє з меншими витратами здійснити ремонтні роботи та характеризується тим, що всі види технічного обслуговування та ремонтів, за винятком капітального, виконує цехова служба ремонтного господарства, а капітальний ремонт – ремонтно–механічний цех.

2.7.3 Енергетичне господарство

В процесі виробництва продукції підприємство використовує різні види енергії та палива на технологічні та рухові цілі, опалення, освітлення, вентиляційні та санітарно–побутові потреби.

Основні технологічні операції та процеси в промисловості, що протікають із застосуванням різних видів енергії, поділяють на наступні групи:

- силові процеси, до яких належать операції, пов'язані з обробкою матеріалів і напівфабрикатів, а також їх транспортуванням;
- електрохімічні процеси, що відбуваються при витраті енергії, що служить для забезпечення необхідних швидкостей протікання фізико–хімічних реакцій, що лежать в основі технологічного процесу;
- високотемпературні процеси, що відбуваються за витрат теплоти високого потенціалу (500°C і вище);
- середньотемпературні процеси, що протікають при температурі 100 ... 500°C;
- низькотемпературні процеси, що протікають при температурі до 100°C;
- допоміжні процеси – процеси обслуговування основного виробництва.

Схеми енергопостачання промислових підприємств

Промислові підприємства споживають енергію різноманітних видів: електроенергію; пар; гарячу воду; газоподібне, рідке та тверде паливо; стиснене повітря.

Ці види енергії споживаються у різних кількостях, з різними режимами споживання (залежно від режимів роботи технологічних процесів заводу).

Схеми енергопостачання промислових підприємств залежать:

- від споживаних видів енергії та використання тих чи інших енергоносіїв;
- від кількості споживаної енергії різних видів та співвідношень між цими величинами;
- від наявності вторинних енергетичних ресурсів на підприємстві, їх виду, кількості та можливої участі в енергобалансі заводу;
- від наявності (або можливості) зв'язку із зовнішніми джерелами енергопостачання.



Рисунок 2.21 – Енергетичне господарство промислового підприємства

До складу енергогосподарства можуть входити: теплоенергостанція, компресорні, насосні станції, енергомережа та ін. підрозділи.



Рисунок 2.22 – Диспетчерський пункт енергопостачання заводу

Основні схеми енергопостачання промислових підприємств:

- повністю централізована схема постачання заводу основними видами енергії (електроенергією, теплом – у вигляді пари або гарячої води, механічною енергією – у вигляді силової пари, а також усіма видами палива);
- індивідуальна (децентралізована) комбінована схему постачання заводу електроенергією, теплом та силовою парою від заводської теплоелектроцентралі;
- індивідуальна роздільна схема постачання заводу електроенергією від електростанції заводу та іншими видами енергії від відповідних заводських установок (котельень, компресорних установок);
- змішана (частково централізована) схема забезпечення заводу електроенергією від зовнішнього джерела (районної

- енергосистеми або міської);
- Основними завданнями організації енергогосподарства є:
- безперебійне забезпечення підприємства всіма видами енергії;
 - раціональна експлуатація енергообладнання, його обслуговування та ремонт;
 - економія паливно-енергетичних ресурсів.

2.7.4 Транспортне господарство

Характеристика транспортного господарства.

Транспортне господарство – це цілий комплекс засобів підприємства, призначених для перевезення сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції, відходів та інших вантажів як на території підприємства так і за його межами.

Основним завданням організації та функціонування транспортного господарства на підприємстві є своєчасне та безперебійне обслуговування виробництва транспортними засобами щодо переміщення вантажів у ході виробничого процесу.

За своїм призначенням транспортні засоби можуть бути поділені на *внутрішній, міжцеховий* та *зовнішній транспорт*.

Зовнішній транспорт забезпечує зв'язок підприємства, його матеріально–технічних складів, складів готової продукції з підприємствами–постачальниками, контрагентами, станціями залізничного, водного та повітряного транспорту.

Міжцеховий транспорт виконує функції сполучної ланки між цехами підприємства, його складами, службами та іншими виробничими об'єктами.

Внутрішньоцеховий транспорт переміщає вантажі в цеху в ході виробничого процесу, здійснюючи рух сировини, матеріалів і комплектуючих деталей і вузлів не тільки від складу до робочих місць, а й між робочими місцями, а також контрольними постами.

На підприємствах знаходять застосування різні види транспортних засобів, починаючи із залізничного, автомобільного, підйомно–транспортного та закінчуючи конвеєрами різноманітного виду, типу та призначення.

Структура транспортного господарства залежить від багатьох факторів, основними з яких є обсяг внутрішньозаводських та

зовнішніх перевезень, тип і масштаб виробництва, маса та габарити продукції, що виготовляється, рівень кооперованих зв'язків. Ці чинники впливають на структуру підрозділів служби транспортного господарства підприємства.



Рисунок 2.23 – Автовоз МАЗ завантажений автомобілями Lanos під час руху на набережній автомагістралі м. Запоріжжя (представник зовнішнього транспорту автозаводу ЗАЗ)

Транспортне господарство заводу складається з транспортних засобів та пристроїв загальнозаводського призначення (депо, гаражі, ремонтні майстерні, рейкові та безрейкові колії). Транспортне господарство підпорядковане головному інженеру, і окрім транспортних цехів до нього входять диспетчерське бюро та група обліку.

Від роботи транспорту залежить ритмічна робота робочих місць, дільниць, цехів та рівномірний випуск заводом готової продукції. Час, що витрачається на внутрішньоцехові та міжцехові перевезення, безпосередньо впливає на тривалість виробничого циклу.



Рисунок 2.24 – Платформенний електровізок (розмов. «електрокара»)
Balkancar EP 006 (вантажопідйомність 2 тонни) є типовим
представником внутрішньоцехового транспорту

В організаційному плані робота транспортного господарства будується на використанні таких понять, як вантажообіг і вантажопотік. **Вантажообіг** є загальною кількістю вантажів, що переміщуються на території заводу, цеху, складу в одиницю часу протягом облікового періоду. Вантажообіг складається з окремих вантажних потоків. **Вантажним потоком** називається кількість вантажів, що транспортуються в одиницю часу між двома суміжними пунктами.

Транспортні засоби, що застосовуються на машинобудівних заводах, класифікують наступним чином:

- за способом дії – перервної та безперервної дії;
- за видами транспорту – рейковий, безрейковий, підйомно-транспортні засоби та спеціальний транспорт;

- за напрямом переміщення вантажів – горизонтальний, вертикальний, горизонтально–вертикальний, похилий.

2.7.5 Вантажопідйомні машини та механізми

Розглянемо вантажопідйомне обладнання, що застосовується на машинобудівних підприємствах в основному виробництві.

Вантажопідйомна машина – технічний пристрій циклічної дії для підйому та переміщення вантажу на невеликі відстані в межах певної площі промислового підприємства. Вантажопідйомні машини досить різноманітні за призначенням, принципами дії та конструктивним виконанням (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація вантажопідйомних машин

Класифікатор	Види вантажопідйомних машин
За призначенням	- загального призначення (є достатньо універсальними) - спеціального призначення (використовують у спеціальних технологічних процесах)
По конструктивному виконанню	- підйомні механізми - підйомники - вантажопідйомні крани - навантажувачі - маніпулятори
За типом приводу	- ручні - електричні - гідравлічні - пневматичні

Розрізняють кілька типів кожного з перерахованих видів вантажопідйомних машин. Основним параметром вантажопідйомної машини є **вантажопідйомність**, тобто маса найбільшого вантажу, взята із масою вантажозахоплювальних пристроїв та тари, розрахована на дану машину.

Вантажопідйомний механізм (механізм підйому) – приводний пристрій для підйому та опускання вантажу: таль, лебідка, домкрат.

Знімні вантажозахоплювальні пристрої з'єднують вантаж з краном і використовуються в процесі виконання робіт з підйому і переміщення вантажів із застосуванням вантажопідйомних машин і механізмів (стропи, траверси, захвати та ін.).



Рисунок 2.25 – Навантажувач вилковий TCM (Японія) 1.8т, з висотою підйому до 7 метрів

Вантажозахоплювальні органи призначені для підвішування та охоплення вантажу (гаки, грейфери, електромагніти). Вантажопідйомні механізми обладнуються запобіжними пристроями, що перешкоджають підйому вантажу масою, більше встановленої вантажопідйомності, а також утримують вантаж від падіння при аварійному відключенні живлення.

Вантажопідйомні машини і механізми, що знаходяться в роботі, повинні бути забезпечені табличками з ясно позначеними реєстраційним номером, паспортною вантажопідйомністю, датою наступного часткового або повного технічного огляду.

За допомогою механізмів підйому здійснюється вертикальне переміщення вантажу, затримання його у всячому положенні та приземлення у призначеному місці на опорній поверхні. Існують різні види вантажопідйомних механізмів із серією механізмів підйому однакової або різної вантажопідйомності.

Вантажопідйомні талі – це спеціальні вантажопідйомні механізми, що підвішуються до балок або спеціальних візків, що переміщуються по підвісному монорейковому шляху. Призначені для підйому чи опускання вантажів під час здійснення вантажопідйомних робіт.

Як правило, талі класифікують на стаціонарні та пересувні, а також ручні, пневматичні та електричні (тельфери). Таль здатна підняти і перемістити вантаж тільки в одній вертикальній площині, а це автоматично позбавляє її будь-якого шансу конкурувати з краном, який має три ступені свободи. Залежно від умов та вимог експлуатації існують такі види талей: електрична пересувна, ручна важільна, черв'ячна пересувна, ручна шестерна.

Пневматичні талі використовують для роботи у вибухонебезпечному середовищі, де використання електродвигунів не допускається. **Вантажопідйомні лебідки** – це вантажопідйомні механізми, в яких робочий елемент це канат або ланцюг, що навивається на барабан, або обгинає канатоведучий шків або зірочку.



Рисунок 2.26 – Захват для переносу сталевго листа в рулонах



Рисунок 2.27 – Процес переносу захватом рулона сталі в цеху

Лєбідки призначені для підймання та переміщення вантажів по горизонтальному або похилому шляху при ремонтних, будівельно–монтажних та інших роботах, а також для механізації транспортування вантажів.

Домкрат – це стаціонарний, переносний або пересувний вантажопідйомний механізм для підйому та фіксації на заданій висоті важких предметів. Існує кілька різновидів домкратів в залежності від принципу роботи. Зручність домкрата – у його мобільності та надійності. Сама його конструкція набагато компактніша, ніж інші пристрої, що виконують подібну функцію (талі, лєбідки і т.д.).

До того ж, домкрат розташований безпосередньо під вантажем. Відпадає потреба у використанні громіздких пристроїв. Конструкція домкрата не вимагає великих матеріальних вкладень, на відміну інших пристосувань для підйому вантажу. Домкрат може використовуватися як самостійний пристрій під час виконання монтажних, ремонтних чи будівельних робіт, і у складі складніших механізмів (кранів, підйомників, пресів тощо).



Рисунок 2.28 – Тягова електрична лебідка ТЛ-7А

Вантажозахватні пристрої та пристосування.

Для підбору вантажопідйомних машин і механізмів, а також для тимчасового закріплення вантажів, що підіймаються і переміщуються машинами при завантаженні, розвантаженні, обв'язуванні та в процесі монтажу використовують вантажо-захватні пристрої або органи (карабіни, гаки, підвіски, скоби і т.д.) та пристрої (стропи, траверси із зафіксованими ними пристроями, різного виду захватів тощо).

Пристосування класифікуються за їх взаємодією з вантажами, що піднімаються і переміщуються, на наступні групи:

- ***підтримуючі*** — забезпечують захват та утримання вантажу під час його підйому та переміщення завдяки гнучким або жорстким елементам;
- ***затискні*** – забезпечують захват та утримання вантажу при його підйомі та переміщенні за рахунок сил зчеплення, що

- виникають в результаті взаємодії важелів;
- **притягуючі** — забезпечують захват та утримання вантажу при його підйомі та переміщенні внаслідок дії електромагнітних сил;
 - **зачерпні** – забезпечують захват та утримання вантажу при його підйомі і переміщенні шляхом зачерпування ковшовими або грейферними захватами;
 - **затяжні** – забезпечують захват та утримання вантажу при його підйомі та переміщенні шляхом обхвату гнучкими елементами.



Рисунок 2.29 – Використання ручної ланцюгової талі YaleMINI 360

На знімних вантажозахватних пристроях, що знаходяться в роботі, на міцно прикріпленій металевій бірці або таврі вказуються завод–виробник, реєстраційний номер, вантажопідйомність та дата випробувань. Вантажозахватні пристрої, крім тавра (бірки), повинні бути забезпечені паспортом.

У процесі застосування вантажозахватні пристрої та пристосування повинні оглядатися особами, яким доручено

спостереження та обслуговування пристроїв та пристосувань. Цей захід має відбуватися в ті терміни, які встановлені експлуатуючою організацією. Траверси, захвати та кліщі — щомісяця, а канатні стропи — кожні 10 днів.



Рисунок 2.30 – Електричний тельфер (це підвид талей, що піднімають вантажі у вертикальній і потім переміщують вантаж у горизонтальній площині)

Гаки вантажопідійомні – це вантажозахватні пристрої у підйомних машинах. До них відносяться вантажні гаки, грейфери, електромагніти, а також спеціальні захвати для штучних вантажів. Найбільшого поширення для захвату штучних вантажів набули гаки з блочними підвісками. Вони бувають двох видів: однорогі та дворогі.

Дані пристрої різної вантажопідійомності випускаються вітчизняною промисловістю за ГОСТ 6619–75, ГОСТ 6627–74 та

ГОСТ 6628–73. Своєрідні гаки роблять куванням або штампуванням з маловуглецевої сталі 20, що гарантує гак від раптового руйнування. Гак кріплять до підвіски за допомогою різьбового з'єднання. Якщо він підвішується до одного канату, то він має стрижень з петлею.

Стропи.

До вантажозахватних пристроїв і пристосуванням для захвату, підняття та переміщення вантажу використовують спеціальний механізм – ***вантажопідйомні стропи***. До цієї конструкції входять кілька сталевих або текстильних канатів, ланцюгів або інших міцних матеріалів, на кінці яких фіксується спеціальне кільце або гачок.

Залежно від матеріалу виготовлення стропа бувають: канатні (зі сталевих канатів), ланцюгові (з круглоланкових ланцюгів), текстильні (із синтетичних канатів та стрічок). За конструкцією поділяються на такі види: універсальні, одногілкові, багатогалузеві, броньовані.

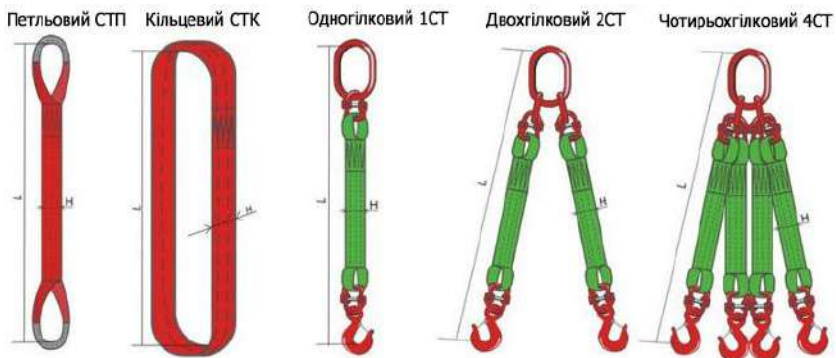
Застосування тих чи інших матеріалів для даних пристроїв певною мірою впливає на їхню якість, вантажопідйомність та працездатність з різними видами вантажів у певних умовах.

Вимоги до стропів вантажопідйомних.

До таких конструкцій, як вантажопідйомні стропи, в неодмінному порядку пред'являються такі вимоги: міцність; гнучкість; легкість; компактність під час транспортування; високий рівень вантажопідйомності; достатня довговічність під час експлуатації; безпека для персоналу; стійкість до температур; стійкість до вологи.

Найбільш широко застосовними є ланцюгові та канатні (сталеві) стропи вантажопідйомні. Такі пристрої набагато безпечніші, довговічніші, не піддаються деформації та стійкіші до будь-яких температур, ніж текстильні. Ланцюгові та сталеві стропи переносять від –40 °С до +400 °С. Текстильні стропи, в порівнянні зі стропами з інших матеріалів теж мають найбільшу міцність, але, наряду з цим, ланцюгові стропи набагато надійніші, оскільки при роботі зі сталевими стропами на них формуються гострі поламани пруті, які здатні пошкодити вантаж, що виключено в ланцюгових виробках.

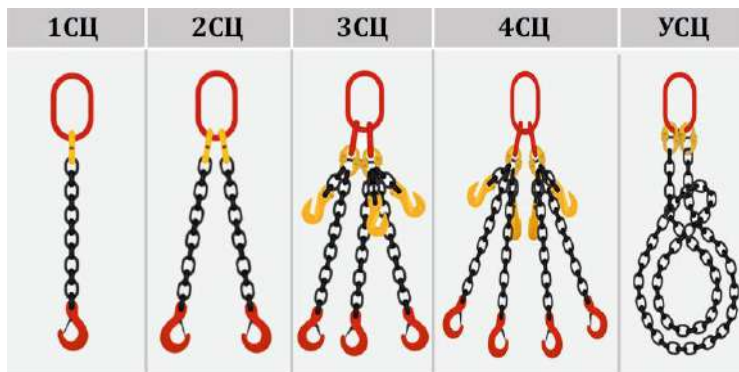
Ланцюги за конструкцією та способом виготовлення ділять на такі види: зварні, пластинчасті або шарнірні та спеціальні (з ковкого чавуну, литі та ін.). Зварний ланцюг складається з овальних взаємно перпендикулярних ланок, що забезпечує більшу гнучкість у всіх напрямках і дозволяє застосовувати тягові ланцюгові колеса, зірочки або барабани малих діаметрів.



а



б



в

Рисунок 2.31 – Стропи текстильні (а), канатні (б), ланцюгові (в)

Траверси – це знімні вантажозахватні пристрої, призначені для стропування довгомірних і великогабаритних вантажів. Вони оберігають вантажі, що піднімаються, від впливу стискаючих зусиль, які виникають при використанні стропів.

За конструкцією траверси поділяють на лінійні та просторові. Лінійні траверси застосовують для стропування довгомірних вантажів. Вони поділяються на універсальні та балансирні. Основною частиною траверси є балка, або ферма, яка сприймає згинальні навантаження. До балки підвішуються канатні чи ланцюгові стропи.

Просторові траверси застосовують для стропування об'ємних конструкцій, машин, обладнання.

Слід зазначити що найбільш досконалими і безпечними грузохватними пристосуваннями є захвати, основна перевага яких – простота конструкції. Захвати застосовують у випадках, коли доводиться переміщати однотипні вантажі.

У зв'язку з великою різноманітністю вантажів, що переміщуються, існує безліч різних конструкцій захватів: кліщові, фрикційні, ексцентрикові, клинові (цангові), підхвати та ін.

2.7.6 Експлуатація, огляд та вибраковування пристроїв

Інженерно-технічний працівник, відповідальний за утримання вантажозахватних пристроїв та тари, зобов'язаний забезпечити утримання їх у справному стані шляхом проведення періодичних оглядів, технічного обслуговування та ремонтів, систематичного контролю за правильним веденням журналу огляду та своєчасного усунення виявлених несправностей, а також особистого огляду вантажозахватних пристроїв і тари у встановлені терміни.

Для зачіпки, обв'язування (стропування) вантажу та навішування його на гак вантажопідйомної машини, відповідно до вимог правил безпеки, повинні призначатися стропальники.

Власниками вантажопідйомних машин та експлуатуючими організаціями повинні бути розроблені способи правильного стропування та зачіпки вантажів, яким повинні бути навчені стропальники. Графічне зображення способів стропування та зачіпки має бути видано на руки стропальникам та кранівникам або вивішено у місцях виконання робіт.

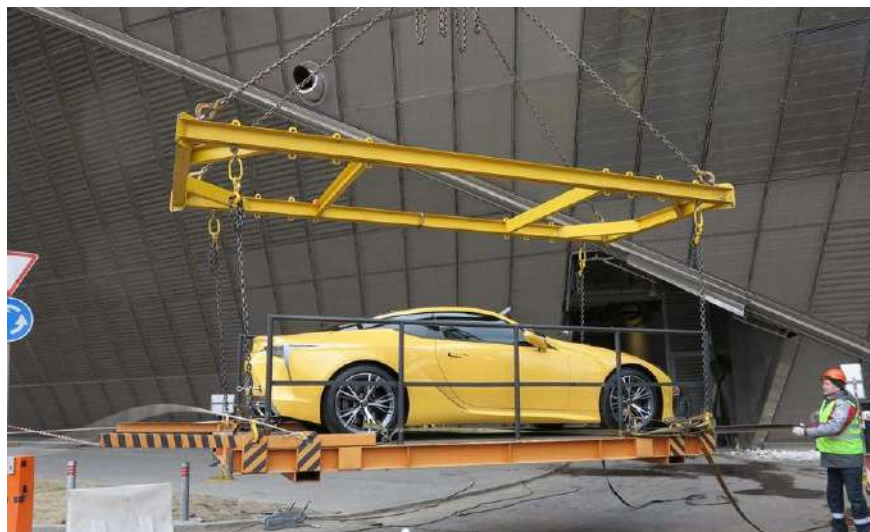
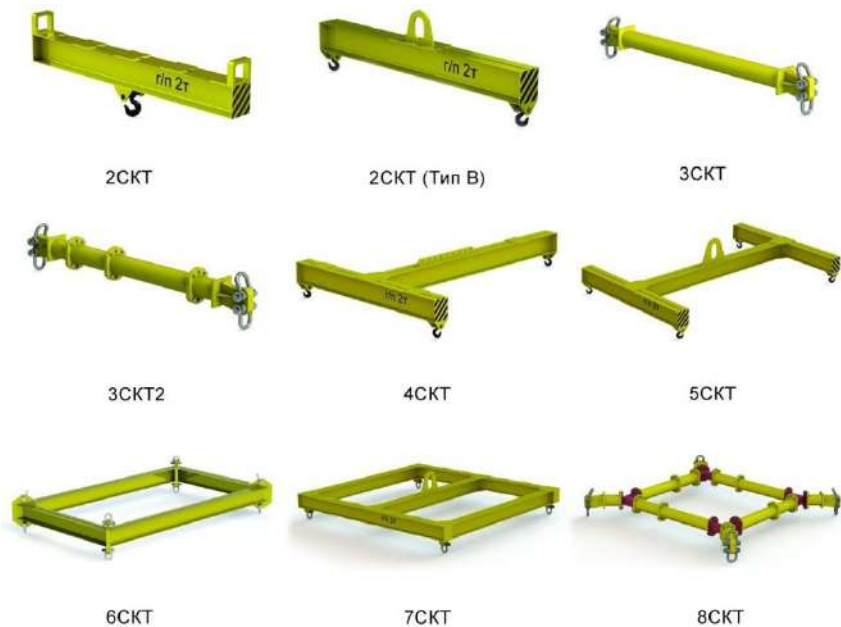


Рисунок 2.32 – Траверси лінійні та просторові (забезпечують строго вертикальні навантаження під час підйому, внаслідок чого можливість деформації вантажу виключається повністю)

Вантажозахватні пристрої та тара, що не пройшли огляду та технічного огляду, до роботи не допускаються. Несправні вантажозахватні пристрої та тара, а також пристрої, що не мають бирок (клейм), не повинні знаходитися в місцях виконання робіт.

Норми бракування стропів регламентовані Типовою інструкцією щодо безпечної експлуатації металевих вантажозахватних пристроїв та тари (РД 220–12–98). Відповідно до її вимог, перед використанням вантажопідйомних стропів для роботи з підйому та переміщення вантажів необхідно провести їх ретельний огляд. Огляд виконується стропальником або іншими відповідальними особами. При постійній експлуатації вибракування стропів зазвичай проводиться регулярно, результати огляду заносяться в журнал огляду.

Інженерно–технічний персонал, що несе відповідальність за утримання вантажопідйомних механізмів у робочому стані, включаючи працівників, які відповідають за справну роботу кранів, повинні проводити огляд вантажопідйомних стропів кожні 10 днів. У тих випадках, коли строп використовується рідко і вибракування стропів не проводиться систематично, огляд проводиться безпосередньо перед його експлуатацією (тобто видаче стропальникам для роботи).

Стропи самостійному ремонту не підлягають!

Основна увага при огляді текстильних вантажопідйомних стропів звертається на стан та цілісність стрічки, гаків, захватів, підвісок та місць їх кріплень. Якщо проводиться огляд і вибракування канатних стропів, основну увагу рекомендується звертати на стан тросів, місць заплітання тросу або місць обтиску тросів втулкою, гаків і підвісок. При проведенні огляду ланцюгових стропів необхідно перевірити стан всіх складових його елементів: ланцюгів, гаків, сполучних ланок тощо.

2.7.7 Складське господарство машинобудівного підприємства

Складське господарство включає комплекс складових, спеціалізованих за видами матеріальних ресурсів та організованих з урахуванням вимог щодо їх зберігання та переробки.

Склади підприємства – це будівлі, споруди призначені для

приймання, розміщення та зберігання виробничих запасів сировини, незавершеного виробництва, покупних комплектуючих виробів та інших різних матеріальних цінностей для забезпечення виробничих процесів, а також для зберігання та відпуску готової продукції.

Структура складського господарства залежить від специфіки виробничого процесу, типу виробництва та обсягу випуску продукції.



Рисунок 2.33 – Типова структура складу підприємства

Основними завданнями складського господарства є:

- організація належного зберігання матеріальних цінностей;
- безперервне обслуговування виробничого процесу;
- відвантаження готової продукції.

Функції підрозділів складського господарства:

- планування робіт;
- приймання, обробка (у тому числі сортування) вантажів;
- організація належного зберігання (створення умов для виключення пошкоджень, псування; підтримка необхідної температури, вологості);

- постійний контроль та облік руху матеріальних цінностей;
- своєчасне забезпечення виробничого процесу матеріалами, комплектуючими виробами і т.д.;
- створення умов, що запобігають розкраданню матеріальних цінностей;
- суворе дотримання протипожежних заходів безпеки (особливо на складах паливно–мастильних матеріалів, легкозаймистих рідин, фарб і лаків, гумотехнічних виробів, хімікатів тощо);
- комплектування готової продукції, її консервація, упаковка, підготовка відвантажувальної документації та відвантаження.

Організація складського господарства.

Організація робіт на складах передбачає приймання, розміщення, зберігання, підготовку до видачі та видавання матеріалів, а також облік руху матеріалів. За порядок на складі, збереження та облік руху матеріалів несе відповідальність завідувач складом (комірник).

Приймання, маркування, упаковка, транспортування та зберігання металопродукції проводиться за ГОСТ 7566–94. Стандарт встановлює вимоги до приймання, маркування, упаковки, транспортування та зберігання блюмів, слябів, заготовок, у тому числі литих та кованих, сортового, фасонного, каліброваного, холоднотягнутого прокату, дроту, круглого прокату зі спеціальною обробкою поверхні (у тому числі шліфованого), гнутих профілів, листового, широкосмугового прокату та стрічки.

Металопродукцію приймають партіями. Визначення партії та обсяг випробувань встановлюють у нормативній документації (НД) на конкретні види металопродукції.

Кожна партія супроводжується документом, що містить:

- найменування чи товарний знак підприємства–виробника;
- найменування споживача;
- номер замовлення;
- дату оформлення документа про якість;
- марку сталі, групу та клас міцності;
- номер плавки та номер партії, якщо плавку ділять на партії;
- найменування металопродукції, розміри;
- номер НД;

- хімічний склад сталі;
- результати всіх випробувань. Допускається замість результатів усіх випробувань зазначати: «Металопродукція відповідає НД чи сертифікату»;
- відомості про режим термічної обробки на вимогу споживача;
- штамп відділу технічного контролю.

Маркування наносять безпосередньо на металопродукцію, якщо вона не підлягає упаковці, і на ярлики, якщо металопродукція упакована в пачки, мотки, рулони, зв'язки мотків або стопи рулонів.

Маркування виконують ударним способом – тавруванням (ручним або машинним), електрографуванням, наклеюванням ярликів з водостійкої плівки, кольоровим лаком або фарбою, що не змивається фарбуючим складом. У стандартах на металопродукцію конкретних видів може бути встановлений спосіб нанесення додаткового кольорового маркування.

На листах, а на вимогу споживача та на іншому прокаті, місце маркування, нанесене тавруванням, має бути обведене фарбою, кольоровим лаком або бітумом.

На металопродукцію, яка не підлягає упаковці, маркування наносять на відстані не більше 200 мм від торця кожного прутка, заготовки (всіх видів), смуги, листа або кромки листа або на торці прутка, заготовки, листа або на зовнішньому витку рулону.

На металопродукцію, пов'язану в пачки, навішують два ярлики, в мотки та рулони — один. Ярлики міцно прикріплюють до обв'язок з боку, зручного для перегляду, або поміщають у спеціальну кишеню. Матеріал ярликів та їх кріплення повинні забезпечувати їх збереження під час транспортування та розвантаження.

Для маркування застосовують металеві, пластмасові, дерев'яні ярлики (бірки) або з водостійкої плівки з стосунками сторін, що рекомендуються, від 1:1 до 1:2 і площею не менше 24 см². Маркування має бути чітким, міцним і незмивним.

За згодою виробника зі споживачем роблять додаткове кольорове маркування фарбою. Кольорове маркування наносять фарбою на торці або кінці пачки металопродукції відповідно до вимог стандартів на сталь конкретних марок.

Сортовий, фасонний, калібрований, холоднотягнутий прокат,

дріт та круглий прокат перерізу до 50 мм включно ув'язують у пачки, мотки або зв'язки мотків.

Маса пачки, рулону, а також маса невпакованого прокату не повинна перевищувати:

- при ручному навантаженні та розвантаженні – 80 кг;
- при механізованому навантаженні та розвантаженні відповідно до замовлення – 5, 10, 15, 20, 25, 30 і 35 т.

Прутки довжиною до 6 метрів у пачці мають бути обв'язані не менше ніж у двох місцях.

Для обв'язування застосовують металеву ленину товщиною від 0,5 до 2,0 мм і шириною до 30 мм за ГОСТ 6009 або дріт діаметром до 8 мм – за ГОСТ 3282.

Дерев'яні ящики для пакування виготовляють здебільшого з деревини хвойних порід. Не допускається застосовувати дошки з наскрізними тріщинами, сучками, що неміцно сидять у гнізді. Товщина дощок повинна бути не менше: 12 мм – при масі прокату, що упаковується до 0,5 т включно; 18 мм понад 0,5 до 1,0 т включно; 25 мм до 10 т. Тарна тканина для пакування повинна відповідати вимогам ГОСТ 5530.

Папір, що застосовується для обгортки металопродукції та вистелиння жорсткої тари, повинен бути вологонепроникним, міцним і нейтральним (безхлорним та безкислотним) за ГОСТ 515, ГОСТ 8828, ГОСТ 9569 або спеціальним технічним умовам.

Підготовка металопродукції до транспортування повинна відповідати ГОСТ 26653. Металопродукцію транспортують транспортом усіх видів відповідно до правил перевезення, що діють на транспорті даного виду, та технічними умовами навантаження та кріплення вантажів.

Матеріали що надходять на склад, покупні вироби і т.д. піддаються так званому вхідному контролю, в ході якого виявляється відповідність супровідним документам за масою, обсягом, кількістю, а також характеристиками, встановленими технічними умовами, стандартами, зразками що знайшли відображення в договорі на поставку. Результати вхідного контролю заносять у акт прийому матеріалів, а в разі невиконання договірних умов, виявлення псування, недостачі, порушення цілісності упаковки, відсутності пломб складається **акт претензій** з пред'явленням транспортним

організаціям чи постачальникам.

Прийнятий матеріал необхідно підготувати до передачі цеху або на зберігання. Підготовка до зберігання здійснюється шляхом сортування, маркування із наступним затаруванням.

Облік матеріалів ведеться на спеціальних картках обліку із застосуванням комп'ютера із зазначенням максимального та страхового запасів, а також руху кожного виду матеріалів, що зберігаються.

З метою забезпечення збереження матеріалів на складах систематично проводиться інвентаризація шляхом підрахунку, обміру, зважування з подальшою звіркою отриманих даних з обліковими, а у разі відхилень складається акт із зазначенням причини та винних осіб.

Складування матеріалів (ПОТ РО–14000–007–98) – це технологічний процес приймання, вивантаження, розміщення на зберігання, зберігання та видачі матеріалів у виробництво, при цьому прийняті вантажі на складі повинні бути відсортовані, розпаковані, прийняті та покладені на місця зберігання. Способи укладання вантажів, матеріалів складі залежать від їх форми, маси, властивостей.

В одній будівлі допускається об'єднання приміщень сховищ, експедицій, приймання, сортування, комплектації, а також побутових, адміністративних та інших приміщень, якщо це не суперечить технологічним, санітарним та протипожежним вимогам.

Територія складів, вантажно–розвантажувальних майданчиків та під'їзди до них мають бути освітлені у вечірній та нічний час. Освітленість території складів має бути не менше 1 лк, вантажно–розвантажувальних майданчиків та під'їздів до них – не менше 10 лк, у закритих складських приміщеннях – не менше 20 лк.

Ширина під'їзних шляхів до вантажно–розвантажувальних майданчиків має бути не менше 3 м за одностороннього та 6,2 м — за двостороннього руху транспортних засобів.

На майданчиках для навантаження та вивантаження тарних штучних вантажів (тюків, ящиків, бочок, рулонів та ін.), що зберігаються на складах та пакгаузах, повинні бути влаштовані платформи, естакади або рампи заввишки на рівні підлоги транспортних засобів.

На підлогах складських приміщень повинні бути нанесені масляною фарбою лінії розмітки, що визначають поздовжні та поперечні проходи та проїзди між штабелями або стелажми, і

словами – назва вантажу, що зберігається на них.

Між стелажми, стелажми та обладнанням чи стіною будівлі мають бути розриви не менше 1 м.

Транспортування дрібних заготовок, поковок, допоміжних матеріалів повинно здійснюватися у тарних ящиках чи кошиках. Тара для переміщення заготовок та поковок повинна бути випробувана та забезпечена тавром із зазначенням вантажопідйомності та наступного терміну випробувань.

Складські приміщення для зберігання гумотехнічної продукції повинні розміщуватися тільки в будівлях, що не згорають. **Сильнодіючі отруйні речовини** (СДОР) повинні зберігатися у спеціальних складах, які мають розташовуватися у приміщеннях, ізольованих від виробничих та адміністративно–побутових будівель. На дверях приміщення для зберігання СДОР повинен бути напис **«Стороннім вхід суворо заборонено»**.

Поверхні майданчиків для складування матеріалів повинні бути рівними, бажано з твердим покриттям без вибоїн та мати нахил не більше 5°. У зимову пору року майданчики для складування матеріалів повинні регулярно очищатися від снігу та льоду, посипатися піском, золою чи шлаком.

Тара, що переміщується вантажопідіймальними кранами, повинна піддаватися періодичному огляду щомісяця. Тарно–штучні вантажі транспортувати з використанням піддонів, контейнерів, ящиків, корзин та інших пакетуювальних засобів.

Вантажно–розвантажувальні роботи слід виконувати із забезпеченням вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.3.009–76, Правил з охорони праці при вантажно–розвантажувальних роботах та розміщення вантажів.

Великогабаритні та великовагові вантажі повинні бути покладені в один ряд на підкладках. Складені вантажі повинні укладатися так, щоб унеможливилася їх падіння, перекидання, розвалювання, а також забезпечувалася доступність і безпека їх виймки.

Проходи, виходи, коридори та тамбури складських виробничих приміщень при розміщенні вантажів на зберігання, включаючи тимчасове, не повинні захаращуватися.

Зберігання металопрокату в залежності від виду, марки металу, розмірів прокату, його упаковки, способів транспортування та ін.

повинно проводитись у штабелях або на стелажах, у тарі, у зв'язках або одиничними вантажами на відкритих майданчиках, закритих та напівзакритих складах (навісах).

Відкриті майданчики використовуються для зберігання металопрокату, що не втрачає своїх властивостей під впливом коливання температури та вологості повітря. Закриті склади можуть бути опалювальними та неопалювальними.

Висота штабеля або стелажу при ручному укладанні металопрокату не повинна перевищувати 1,5 м. Сортовий та фасонний прокат повинен зберігатися в штабелях, ялинкових або стійкових стелажах. Труби повинні укладатися у штабель рядами, розділеними прокладками. Висота укладання при зберіганні в стійкових стелажах – до 2 м.

Товстолистова сталь повинна укладатися на ребро в стелажах з опорними майданчиками, що мають нахил у бік опорних стійок, або на дерев'яних підкладках товщиною не менше 200 мм.

Розміщення інструментів в інструментально–роздавальних коморах необхідно проводити в стелажах за видами та розмірами.

Штабелі повинні розміщуватися так, щоб між ними були поздовжні та поперечні проходи шириною не менше 0,8 м, розриви між суміжними штабелями повинні бути не менше 0,2 м. Інструмент у стелажі повинен укладатися так, щоб його кінці не виступали за межі стелажу комірки). Інструмент у стелажах повинен укладатися робочою частиною від себе. При видачі інструменту необхідно тримати його робочою частиною себе. При видачі інструменту, що знаходиться при зберіганні на верхніх полицях стелажу, необхідно користуватися драбинами або інвентарними сходами, з нековзними черевиками.

В інструментальних складах (комор) забороняється зберігання мастильних, легкозаймистих та інших матеріалів, що не мають відношення до інструменту.

До осіб, які допускаються до робіт у складському господарстві організації, повинні пред'являтися вимоги щодо відповідності їх роботі з матеріальними цінностями та небезпечними матеріалами. Перевірка стану здоров'я працівників повинна проводитись при допуску їх до роботи та періодично в залежності від ступеня небезпеки виробничих факторів у встановленому порядку.

Питання для самоперевірки

1. Що таке промислове підприємство?
2. Які питання вирішуються в ході виробничого процесу для підприємства?
3. Що таке виробнича програма?
4. Що входить у майно підприємства?
5. Дайте визначення основним виробничим фондам.
6. Як називається час, протягом якого оборотні кошти проходять період виробництва та обігу, тобто здійснюють повний кругообіг?
7. Як класифікують оборотні виробничі засоби?
8. Що прийнято розуміти під трудовими ресурсами підприємства?
9. В якому нормативному документі прописані основні функції, які можуть бути доручені працівнику частково або повністю?
10. Для чого визначається рівень професійної підготовки працівника?
11. Які фактори впливають на виробничу структуру підприємства?
12. Назвіть головні елементи виробничої структури цеху.
13. В чому полягає різниця між плануванням і компонуванням цеху?
14. Назвіть структурні підрозділи цеху.
15. За що відповідає начальник цеху?
16. Які функціональні обов'язки бригадира?
17. Чим займається технологічне бюро цеху?
18. Поясніть що таке технологічний процес і на які операції він поділяється?
19. Назвіть показники оцінки технічного рівня робочого місця.
20. Яке призначення інструментального господарства?
21. Що являє собою система планово-попереджувального ремонту?
22. Що являє собою енергетичне господарство на підприємстві?
23. На які типи за своїм призначенням можуть бути поділені транспортні засоби підприємства?

ТЕМА 3. ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

Технічна підготовка виробництва – це комплекс наукових, проектно-конструкторських, технологічних і виробничо-господарських робіт зі створення й освоєння нових виробів і впровадження нових технологій. У системі «наука – техніка – виробництво – споживання» технічна підготовка виконує роль сполучної ланки, тому що об'єднує окремі науково-дослідні, проектно-конструкторські, дослідно-експериментальні та організаційно-технічні роботи, внаслідок чого продукти науки перетворюються на продукти виробництва.

3.1 Стадії технічної підготовки виробництва

Діяльність підприємства з розвитку його матеріально-технічної бази, організації виробництва, праці та управління є *технічною підготовкою виробництва*. Вона включає:

- проведення прикладних досліджень, пов'язаних з вдосконаленням виробленої продукції, техніки, технології, з залишком застосовуваних матеріалів, організації виробництва;
- проектування нової продукції і модернізацію раніше випущеної;
- розробку технологічного процесу виготовлення продукції;
- придбання спеціального обладнання, інструментів та напівфабрикатів у постачальників заводу;
- матеріально-технічне забезпечення виробництва;
- підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації кадрів;
- розробку норм і нормативів, технологічної, технічної та організаційної структури апарату управління та інформаційного забезпечення.

Технічна підготовка здійснюється з метою ефективного освоєння нового чи модернізованого виробу, впровадження нових складних машин та обладнання, нових технологічних прийомів та змін організації виробництва.

Технічна підготовка виробництва включає конструкторську, технологічну та організаційну підготовку.

Конструкторська підготовка – сукупність процесів і робіт, пов'язаних з оптимізацією номенклатури та конструюванням нових об'єктів виробництва, виготовленням дослідних зразків, їх випробуванням, удосконаленням виробів, що випускаються.

Технологічна підготовка – це сукупність взаємопов'язаних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до виготовлення та випуску виробів заданої якості за встановлених термінів, обсягу випуску, матеріальних і трудових витрат.

Організаційна підготовка – підготовка виробництва шляхом розробки проектів організації виробництва, праці, постачання та збуту продукції та створення нормативної бази для організації виробництва та планування.

3.2 Конструкторська підготовка виробництва

3.2.1 Етапи конструкторської підготовки виробництва

Конструкторська підготовка виробництва (КПВ) включає проектування нової продукції та модернізацію раніше виробленої, а також розробку проекту реконструкції та переобладнання підприємства або його окремих підрозділів.

У процесі проектування визначається характер продукції, її конструкція, фізико–хімічні властивості, зовнішній вигляд, техніко–економічні та інші показники. Результати конструкторської підготовки оформлюються у вигляді технічної документації – креслень, специфікацій матеріалів, деталей та вузлів, зразків готової продукції тощо.

Проектування нової продукції здійснюється проектно–технологічними та науково–дослідними інститутами, науково–технологічними центрами, а також конструкторськими відділами та лабораторіями підприємств.

Зміст та порядок виконання робіт КПВ регламентуються стандартами в єдиній системі конструкторської документації (ЄСКД). ГОСТ 2.103–68 визначає такі **стадії конструкторської підготовки виробництва**:

- технічне завдання;
- технічна пропозиція;
- ескізний проект;

- технічний проект;
- робочий проект.

Етапи конструкторської підготовки.

1. Технічне завдання (ТЗ). Воно розробляється на проектування нового виробу, узгоджується із замовником, і затверджується провідним міністерством (до профілю якого належить виріб, що розробляється).

Основним завданням розробки ТЗ є обґрунтування технічної можливості створення виробу з високими технічними параметрами якості за максимальної економічної ефективності його виробництва та експлуатації.

ТЗ визначає призначення виробу, сферу застосування та масштаби його виробництва; основні вимоги до виробу; технічні характеристики виробу та загальні експлуатаційні показники; показники якості та особливі вимоги до виробу; технологічні, організаційні та економічні умови виробництва.

2. Технічна пропозиція (ТП). При розробці ТП обґрунтовується доцільність виробу на основі аналізу технічного завдання замовника, наявних технологічних рішень та технічних можливостей, а також проводиться всебічна оцінка всіх можливих варіантів створення виробу, порівняння з існуючими виробами, а також патентний пошук.

Технічна пропозиція узгоджується із замовником та затверджується в установленому порядку. Після цього ТП є основою розробки ескізного проекту.

3. Ескізний проект (ЕП) полягає в розробці початкового варіанта майбутньої конструкції виробу. Ескізний проект складається з графічної частини та пояснювальної записки.

Перша частина містить принципові конструктивні рішення, що дають уявлення про виріб та принцип його роботи, а також дані, що визначають призначення, основні параметри та габаритні розміри (тобто конструктивне оформлення майбутньої конструкції виробу, включаючи креслення загального виду). На цій стадії розробляється документація для виготовлення макетів, здійснюється їх виготовлення та випробування, після чого коригується конструкторська документація.

Друга частина ЕП містить розрахунок основних параметрів конструкції, опис експлуатаційних особливостей та зразковий графік робіт з технічної підготовки виробництва.

Затверджений ЕП є підставою для розробки технічного проекту.

4. Технічний проект. Технічний проект передбачає виконання графічної та розрахункової частин, а також уточнення техніко-економічних показників виробу, що виробляється.

Основним завданням технічного проекту є розробка остаточного технічного рішення, що дає повне уявлення про устрій виробу.

У графічній частині технічного проекту наводяться креслення загального виду виробу, що проектується, вузлів у складанні та основних деталей. Креслення обов'язково узгоджуються з технологіями.

У пояснювальній записці містяться опис та розрахунок параметрів основних складальних одиниць та базових деталей виробу, опис принципів його роботи, обґрунтування вибору матеріалів та видів захисних покриттів, опис усіх схем та остаточні техніко-економічні розрахунки. На цій стадії розробки варіантів виробів виготовляється і випробовується дослідний зразок.

Технічний проект проходить всі ті самі стадії узгодження і затвердження, як і технічне завдання.

5. Робочий проект полягає у розробці повного комплексу конструкторської документації на виріб. У робочий проект входять розробка креслень загальних видів, складальних одиниць та всіх оригінальних деталей, уточнення специфікацій на кожен складальну одиницю, розробка компонувальних креслень, виготовлення дослідних зразків, стендові, заводські та державні випробування.

Ця стадія конструкторської підготовки виробництва розбивається на три рівні:

- 1) **розробка робочої документації дослідної партії** (виготовлення та заводські випробування дослідної партії з коригуванням технічної документації);
- 2) **розробка робочої документації настановної серії** (виготовлення настановної серії виробів з тривалими випробуваннями в реальних умовах експлуатації);
- 3) **розробка робочої документації серійного або масового виробництва** (виготовлення та випробування контрольної серії виробів, корегування технологічної та конструкторської документації).

Слід зазначити, що зміст робіт на стадіях КПВ може відрізнятися від зазначеного вище в залежності від типу виробництва,

складності конструкції та інших факторів.

Для прискорення КПВ використовують різні методи:

- **технічні методи** – спрямовані на забезпечення якості виконуваних робіт, зниження до мінімуму числа змін у конструкції;
- **планово–координаційні методи** – забезпечують раціональну координацію стадій, етапів та робіт;
- **організаційні методи** - до них відносять стандартизацію та уніфікацію конструкторських рішень, механізацію та автоматизацію проектно–конструкторських робіт.

Стандартизація – це нормотворча діяльність, яка знаходить найбільш раціональні норми, а потім закріплює їх у нормативних документах на кшталт стандарту, технічних умов, інструкцій.

Стандартом називається нормативно–технічний документ, що встановлює вимоги до груп однорідної продукції, а у необхідних випадках до конкретної продукції, правила, що забезпечують її розробку, виробництво та застосування.

Конструкторська уніфікація – це комплекс заходів, що забезпечують усунення необґрунтованого різноманіття виробів одного призначення та різнотипності їх складових частин та деталей, приведення до можливої одноманітності способів їх виготовлення, збирання та випробування.

3.2.2 Система конструкторської документації

Конструкторська підготовка виробництва здійснюється відповідно до комплексу державних стандартів, який отримав назву Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Ефективність промислового виробництва забезпечують:

- державна система стандартизації;
- єдина система конструкторської документації (ЄСКД);
- єдина система технологічної документації (ЕСТД);
- єдина система технологічної підготовки виробництва (ЕСТПВ);
- єдина система забезпечення єдності вимірів (ДСІ);
- система стандартів безпеки праці (ССБП);
- розробка та постановка продукції на виробництво (СРПВ).

Для початку виробництва технічних пристроїв (машин, механізмів, приладів та інших виробів) потрібна наявність закінченої та атестованої конструкторської та технологічної документації, засобів технологічного оснащення та кадрів виконавців. Це забезпечується за допомогою ЄСКД, ЄСТД, ЄСТПВ.

Єдина система конструкторської документації (ЄСКД) – це комплекс державних стандартів, що встановлюють єдині, взаємопов'язані правила та положення щодо складання, оформлення та обігу конструкторської документації, що розробляється та застосовується промисловими, науково–дослідними, проектно–конструкторськими організаціями та підприємствами.

Конструкторська документація (КД) — це графічні та текстові документи, які, в сукупності чи окремо, визначають склад та устрій виробу та містять необхідні дані для його розробки, виготовлення, контролю, експлуатації, ремонту та утилізації.

Конструкторські документи класифікують на проектну та конструкторську документацію. За характером їх виконання та використання на: Оригінали; Дублікати; Копії.

За основні конструкторські документи беруть: для деталей — креслення деталі; для складальних одиниць, комплексів та комплектів – специфікацію.

Види конструкторських документів (ГОСТ 2.102–2013).

Графічні документи:

Креслення деталі; Складальне креслення; Креслення загального виду; Теоретичне креслення; Габаритне креслення (рис. 3.1 – 3.5);

Електромонтажне креслення; Монтажне креслення; Пакувальне креслення;

Схема (за ГОСТ 2.701); електронна модель деталі; Електронна модель складальної одиниці; Електронна структура виробу (ГОСТ 2.053) і т.д.

Текстові документи:

Пояснювальна записка (ПЗ); Таблиця (ТБ); Інструкція (І); Технічні умови (ТУ); Програма та методика випробувань (ПМ);

Експлуатаційні документи (за ГОСТ 2.601); Ремонтні документи (за ГОСТ 2.602);

Специфікація (рис. 3.6); Відомість специфікацій (ВС); Відомість покупних виробів (ВП) тощо.

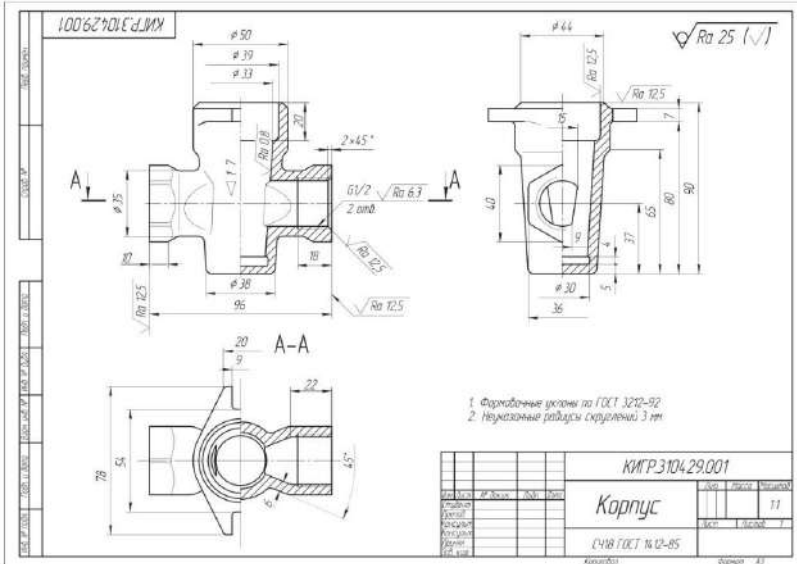


Рисунок 3.2 – Приклад виконання робочого креслення деталі

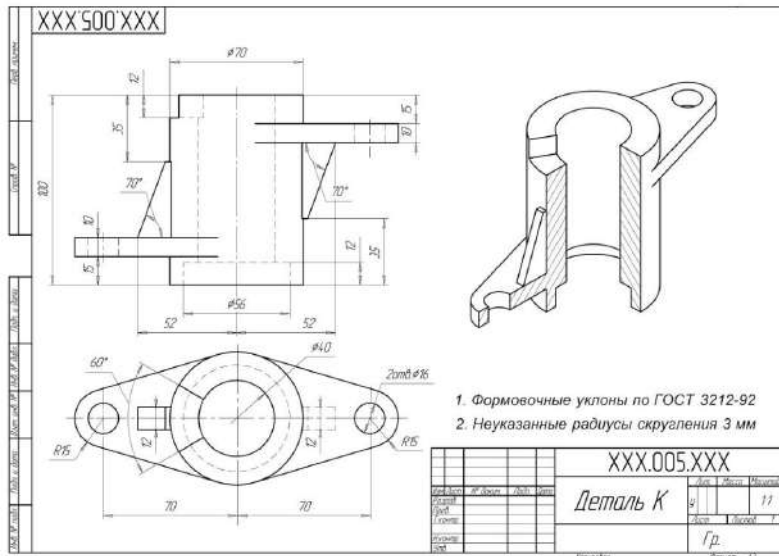


Рисунок 3.3 – Приклад розміщення ізометричного зображення деталі на робочому кресленні

Усі текстові документи можуть бути виконані в електронній формі. Усі графічні документи можуть бути виконані в електронній формі як електронні креслення та (або) як електронні моделі.

Єдина система конструкторської документації (ЄСКД) встановлює всім організаціям країни порядок організації проектування, єдині правила виконання та оформлення креслень та ведення креслярського господарства, що спрощує проектно-конструкторські роботи, сприяє підвищенню якості та рівня взаємозамінності виробів, полегшує читання та розуміння креслень у різних організаціях. ЄСКД включає більше 200 стандартів.

3.2.3 Загальні правила виконання креслень

При виконанні креслень користуються форматами, встановленими ГОСТ 2.301–68 (табл. 3.1). Формати листів визначаються розмірами зовнішньої рамки (виконаної тонкою лінією) оригіналів, дублікатів, копій.

Таблиця 3.1 – Основні формати під час виконання креслень

Позначення формату	Розміри сторін формату, мм
A0	841 x 1189
A1	595 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

Масштаб – це відношення розмірів зображеного на кресленні предмета до його дійсних розмірів.

Креслення, на яких зображення виконані у справжню величину, дають правильне уявлення про дійсні розміри предмета. Однак при дуже малих розмірах предмета або, навпаки, при занадто великих, зображення доводиться збільшувати або зменшувати.

Масштаби встановлені ГОСТ 2.302–68 (табл. 3.2.) та повинні позначатися за типом 1:1; 1:2; 2:1 і т.д., для окремих зображень на полі креслення значення масштабу вказується у дужках.

Лінії креслення.

Для зображення предметів на кресленнях ГОСТ 2.303–68

встановлює накреслення та основні призначення ліній:

- суцільна товста основна, суцільна тонка;
- суцільна хвиляста;
- штрихпунктирна тонка; штрихпунктирна потовщена;
- розімкнена;
- суцільна тонка зі зламами;
- штрихпунктирна з двома точками тонка.

Таблиця 3.2 – Основні масштаби на кресленнях

Масштаби зменшення	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:30; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральна величина	1:1
Масштаби збільшення	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Шрифти креслярські.

Усі написи на кресленнях виконують стандартним шрифтом згідно з ГОСТ 2.304–81. Стандартом встановлені два типи шрифтів: тип А і тип Б, кожен з яких можна виконати без нахилу, або з нахилом у 75 градусів до основи рядка.

Зображення – види, розрізи, перерізи.

Правила побудови зображень регламентується ЄСКД ГОСТ 2.305–2008, згідно з яким зображення предметів на кресленні повинні виконуватися за методом прямокутного проектування. При цьому предмет передбачається розташованим між спостерігачем та відповідною площиною проєкцій. Зображення в загальному випадку можна розглядати як проєкцію просторового об'єкта на площину.

Зображення на кресленні залежно від змісту поділяються на види, розрізи, перерізи. Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів) на кресленні має бути найменшою, але забезпечує повне уявлення про предмет при застосуванні встановлених у відповідних стандартах умовних позначень, знаків та написів.

Вид — зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні за допомогою штрихових ліній. Встановлені назви видів та їх розташування на кресленні представлені на рис. 3.7.

Види поділяються на основні, місцеві та додаткові. Головний

вид, як правило, повинен відповідати розташуванню виробу при виконанні основної операції технологічного процесу його виготовлення або складання, а розташування виробів, що мають явно виражені верх і низ, повинні відповідати їх нормальному положенню в експлуатації.

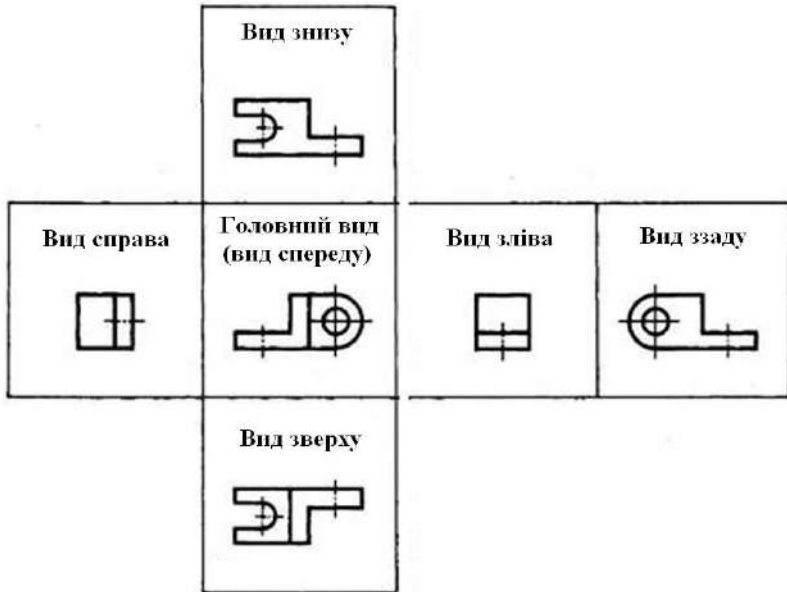


Рисунок 3.7 – Основні види та їх розташування на кресленні

Якщо якусь частину предмета неможливо показати на основних видах без спотворення форми та розмірів, то застосовують **додаткові види**, які отримують на площинах, непаралельних основним площинам проєкцій. Додатковий вид повинен бути позначений на кресленні стрілкою та великою літерою, а у пов'язаного з додатковим видом зображення предмета має бути поставлена стрілка, що вказує напрямком погляду, з відповідним літерним позначенням.

Зображення окремого, обмеженого місця поверхні предмета називається **місцевим видом**. Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву, наскільки можна в найменшому розмірі, або не обмежений. Місцевий вид повинен бути відмічений на кресленні подібно додатковому виду.

Розріз – зображення предмета, подумки розсіченого однією або декількома площинами, при цьому уявний розтин предмета відноситься тільки до даного розрізу і не тягне за собою зміни інших зображень того ж предмета. На розрізі з'являється те, що виходить в січній площині і розташоване за нею. Допускається зображати не все, що розташоване за січною площиною, якщо це не потрібно для розуміння конструкції.

Залежно від **положення січної площини щодо горизонтальної площини проєкцій**, розрізи бувають наступних типів:

- **горизонтальні** – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій;
- **вертикальні** – січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій;
- **похилі** – січна площина складає з горизонтальною площиною проєкцій кут, відмінний від прямого.

-

Залежно від числа січних площин розрізи можуть бути:

- **прості** – виконані однією січною площиною;
- **складні** – виконані двома і більше січними площинами.

Складні розрізи бувають **ступінчасті**, якщо січні площини паралельні і **ламаними**, якщо січні площини перетинаються.

Розрізи називаються **поздовжніми**, якщо січні площини спрямовані вздовж довжини або висоти предмета.

Розрізи називаються **поперечними**, якщо січні площини спрямовані перпендикулярно до довжини або висоти предмета.

Розріз, виконаний січною площиною лише в окремому, обмеженому місці предмета, називається **місцевим**.

Перетин – зображення фігури, що виходить при уявному розтині предмета однією або декількома площинами. На перерізі показується тільки те, що виходить безпосередньо в січній площині.

Виносний елемент – додаткове окреме зображення (зазвичай збільшене) будь-якої частини предмета, що вимагає графічного та інших пояснень щодо форми, розмірів та інших даних.

Виносний елемент може містити подробиці, не зазначені на відповідному зображенні, і може відрізнятись від нього за змістом (наприклад, зображення може бути видом, а виносний елемент – розрізом).

При застосуванні виносного елемента відповідне місце відзначають на виді, розрізі або перерізі замкненою суцільною тонкою лінією — колом, овалом тощо, з позначенням виносного елемента великою літерою або поєднанням великої літери з арабською цифрою на полиці лінії—виноски. Над зображенням виносного елемента вказують позначення та масштаб, у якому він виконаний. Виносний елемент слід розташовувати, по можливості, ближче до відповідного місця на зображенні предмета.

Графічне позначення матеріалу в перерізах і на виді – це штрихування, що виконується тонкими суцільними лініями. Форма штрихування повинна відповідати ГОСТ 2.306–68 і дає уявлення про матеріал, з якого зроблена деталь.

Правила нанесення штрихування на кресленнях.

Похилі паралельні лінії штрихування повинні проводитися під кутом 45° до лінії контура зображення або його осі або до ліній рамки креслення. Лінії штрихування повинні наноситися з нахилом вліво або вправо, але, як правило, в ту саму сторону на всіх перерізах, що відносяться до однієї і тієї ж деталі, незалежно від кількості листів, на яких ці перерізи розташовані.

Нанесення розмірів та граничних відхилень.

Щоб раціонально наносити та правильно читати розміри, потрібно вивчити деякі умовності, встановлені ГОСТ 2.307–2011.

Лінійні розміри та їх граничні відхилення на графічних документах та специфікаціях вказують у міліметрах, без позначення одиниці виміру. Для розмірів та граничних відхилень, що наводяться в технічних вимогах та пояснювальних написах на полі креслення, обов'язково вказують одиниці виміру.

Якщо на кресленні розміри необхідно вказати не в міліметрах, а інших одиницях виміру (сантиметрах, метрах тощо), то відповідні розмірні числа записують з позначенням одиниці виміру (см, м) чи вказують в технічних вимогах.

Кутові розміри та граничні відхилення кутових розмірів вказують у градусах, хвилинах та секундах з позначенням одиниці вимірювання, наприклад: 4° ; $4^\circ 30'$; $12^\circ 45' 30''$; $0^\circ 30' 40''$; $0^\circ 18'$; $0^\circ 5' 25''$; $0^\circ 0' 30''$; $30^\circ \pm 1^\circ$; $30^\circ \pm 10'$.

Правила нанесення розмірів.

Для нанесення розмірів використовують виносні та розмірні лінії та розмірні числа. Загальна кількість розмірів на кресленні

повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю виробу. Не допускається повторювати розміри одного і того ж елемента на різних зображеннях, в технічних вимогах, основний напис і специфікації.

Розмірні та виносні лінії слід виконувати суцільними тонкими лініями. При нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії перпендикулярно розмірним (рис 3.8).

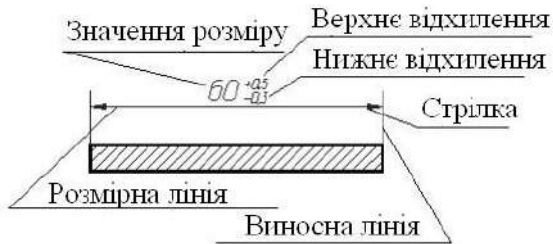


Рисунок 3.8 – Нанесення розмірів на кресленнях

Розмірні лінії обмежені стрілками. Величина стрілок обирається в залежності від товщини лінії видимого контуру предмета S і повинна бути приблизно однакова для всіх розмірних ліній креслення. Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1–5 мм.

Граничні відхилення розмірів.

Граничні відхилення розмірів слід зазначати безпосередньо після номінальних розмірів. Граничні відхилення лінійних та кутових розмірів щодо низької точності допускається не вказувати безпосередньо після номінальних розмірів, а позначати загальним записом у технічних вимогах креслення за умови, що цей запис однозначно вказує значення та знаки граничних відхилень.

Загальний запис про граничні відхилення розмірів з неказаними допусками повинен містити умовні позначення граничних відхилень лінійних розмірів відповідно до ГОСТ 25346–2013 та ГОСТ 25348–82 (для відхилень за квалітетами) або за ГОСТ 30893.1–20.

Симетричні граничні відхилення, що призначаються за квалітетом, слід позначати $\pm IT/2$ із зазначенням номера квалітету.

Допускається записи про невказані граничні відхилення розмірів доповнювати пояснювальними словами, наприклад, «Незазначені граничні відхилення розмірів: $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$ ».

Граничні відхилення лінійних розмірів вказують на кресленнях умовними позначеннями полів допусків відповідно до ГОСТ 25346–2013, наприклад: $18H7$ або числовими значеннями, наприклад: $18^{+0,018}$ або умовними позначеннями полів допусків із зазначенням праворуч у дужках їх числових значень, наприклад $18H7^{(+0,018)}$.

3.3 Технологічна підготовка виробництва

3.3.1 Етапи технологічної підготовки виробництва

Технологічна підготовка виробництва є продовженням робіт з проектування виробу, вона виконується відділами головного технолога, головного металурга, а також технологічними бюро основних цехів.

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) являє собою сукупність заходів, що забезпечують технологічну готовність виробництва, тобто наявність на підприємстві повних комплектів конструкторської та технологічної документації та засобів технологічного оснащення, необхідних для випуску заданого обсягу продукції з встановленими техніко–економічними показниками.

Технологічна підготовка виробництва охоплює проектування технологічних процесів, а саме:

- вибір та розстановку обладнання на площі цеху;
- визначення та проектування спеціального технологічного оснащення;
- нормування витрат праці, матеріалів, палива та енергії.

Під технологічним процесом розуміється сукупність методів виготовлення продукції шляхом зміни стану властивостей, форм та габаритів вихідних матеріалів, сировини та напівфабрикатів.

Технологічна підготовка проводиться у кілька послідовних етапів:

Перший етап – розробка технологічних процесів на основний виріб:

- відпрацювання конструкції виробу на технологічність

- (технологічний контроль);
- розробка міжцехових технологічних маршрутів;
 - розробка поопераційних технологічних процесів отримання деталей та складальних одиниць.

Другий етап – проектування необхідних засобів технологічного оснащення (моделей, штампів, пристроїв, спеціального інструменту та нестандартного обладнання та ін.).

Третій етап – виготовлення засобів технологічного оснащення виробництва.

Четвертий етап – вивіряння, налагодження та впровадження у виробництво технологічних процесів.

П'ятий етап – створення нормативної бази для планування та управління виробництвом, тобто йде визначення основних нормативів витрати робочого часу, сировини, матеріалів, палива, енергії та інших елементів виробництва на одиницю продукції .

Технологічне проектування починається з розробки маршрутної технології (визначення послідовності виконання основних операцій та закріплення їх у цехах за конкретними групами обладнання). Одночасно здійснюється вибір інструменту, розрахунок норм часу та встановлення розряду робіт, вказується спеціальність робітників із необхідним рівнем кваліфікації.

Відповідно до маршрутної технології за кожним цехом і ділянкою закріплюються види продукції, що обробляються, що обумовлює їх спеціалізацію, місце і роль у виробничій структурі підприємства. Потім для кожного цеху та ділянки розробляється **операційна технологія**, зміст якої складають **поопераційні технологічні карти**. Вони містять вказівки та параметри виконання кожної виробничої операції.

3.3.2 Система документації з організації технологічної підготовки виробництва

Основне призначення єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) — встановити в усіх організаціях та на всіх підприємствах єдині взаємопов'язані правила, норми та положення виконання, оформлення, комплектації та обігу, уніфікації та стандартизації технологічної документації.

Відправною точкою у технологічній підготовці виробництва є

отримання вихідних документів на розробку та виробництво нових виробів. Розробка документації щодо організації технологічної підготовки виробництва здійснюється у три стадії: технічне завдання, технічний проект, робочий проект.

Відповідно до державних стандартів, у нашій країні з 1973 року запроваджено єдину систему технологічної документації (ЄСТД). **Технологічною документацією** називають документи, що регламентують виконання технологічного процесу виготовлення деталей.

Відповідно до ГОСТ 3.1102–2011 залежно від призначення **технологічні документи** (далі – документи) **поділяють на основні та допоміжні**.

Основними документами є:

- ті що містять зведену інформацію, необхідну для вирішення однієї або комплексу інженерно–технічних, планово-економічних та організаційних завдань;
- ті що повністю і однозначно визначають технологічний процес (операцію) виготовлення виробу.

До **допоміжних** відносять документи, що застосовуються при розробці, впровадженні та функціонуванні технологічних процесів та операцій, наприклад, карту замовлення на проектування технологічного оснащення, акт впровадження технологічного процесу та ін. Основні технологічні документи поділяють на документи загального та спеціального призначення.

До документів **загального призначення** відносять технологічні документи, що застосовуються окремо або в комплектах документів на технологічні процеси (операції), незалежно від застосовуваних технологічних методів виготовлення виробів: Титульний лист (ТЛ), Карта ескізів (КЕ), Технологічна інструкція (ТІ).

До документів **спеціального призначення** відносять документи, що застосовуються при описі технологічних процесів та операцій залежно від типу та виду виробництва та застосовуваних технологічних методів виготовлення виробів: Маршрутна карта (МК), Карта технологічного процесу (КТП), Операційна карта (ОК); Комплектувальна карта (КК), Відомість оснастки (ВО), Відомість матеріалів (ВМ) та ін.

Карта ескізів (КЕ) є графічним документом, що містить ескізи, схеми та таблиці та призначеним для пояснення виконання

технологічного процесу, операції чи переходу виготовлення або ремонту виробу.

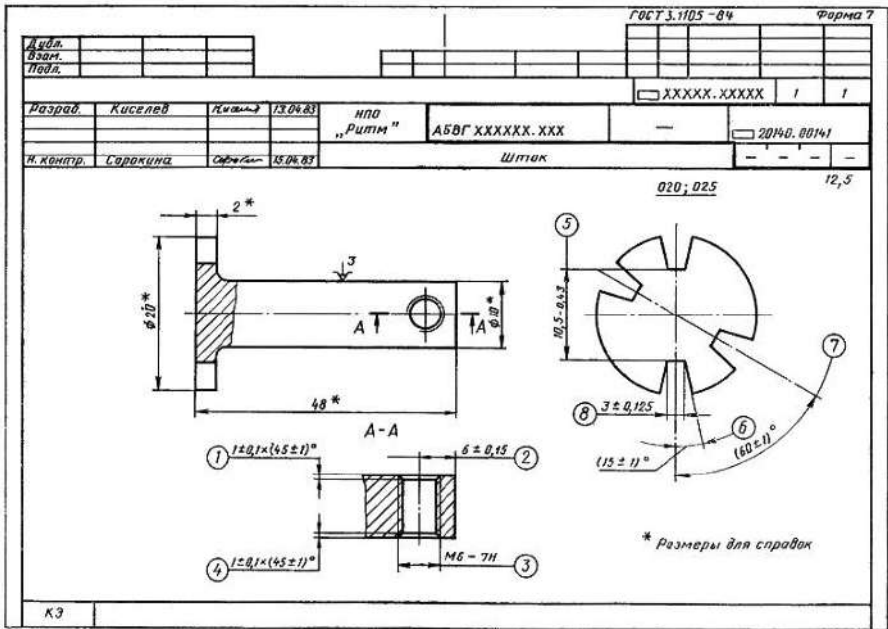


Рисунок 3.9 – Приклад оформлення карти ескізів

Технологічна інструкція (ТІ) є документом, що містить опис технологічних процесів, методів і прийомів, що повторюються при виготовленні виробів, правил експлуатації засобів технологічного оснащення. Застосовують її з метою скорочення обсягу технологічної документації, що розробляється.

Маршрутна карта (МК) являє собою документ, що містить опис технологічного процесу виготовлення виробу за всіма операціями в технологічній послідовності, із зазначенням відповідних даних про обладнання, технологічну оснастку, матеріальні нормативи і трудові витрати. МК є обов'язковим документом.

Карта технологічного процесу (КТП) призначена для операційного опису технологічного процесу виготовлення виробу в технологічній послідовності за всіма операціями одного виду формоутворення, обробки та складання із зазначенням переходів,

технологічних режимів та даних про засоби технологічного оснащення, матеріальні та трудові витрати.

Операційна карта (ОК) – це документ, який містить опис технологічної операції із зазначенням послідовного виконання переходів, даних про засоби технологічного оснащення, режими та трудові витрати. Застосовують при розробці одиничних технологічних процесів.

ГОСТ 3.1418 - 82										Форма 2															
<table border="1"> <tr> <td>Дроб</td> <td>Влом</td> <td>Лодка</td> <td colspan="7"></td> </tr> </table>										Дроб	Влом	Лодка								5000031. 10001. XXXXX		2	1		
Дроб	Влом	Лодка																							
Діаграма		Класифікація	Ш.к.	30.05.86		XXXXXXXX. 406425. 004				60140. XXXXX															
В.контр.		В.технар.	Ш.к.	05.04.86		Вал шлицевий				ДП	АХ	015													
						Наименование операции Торнодно-винторезная			Материал Сталь 45																
<table border="1"> <tr> <td>Твердость</td> <td>ЕВ</td> <td>МД</td> <td colspan="2">Надпись, размер заготовки</td> <td>МЗ</td> <td>ЖИД</td> </tr> <tr> <td>НРС30... 35</td> <td>168</td> <td>0,72</td> <td colspan="2">Ø25 x 290</td> <td>1,26</td> <td>1</td> </tr> </table>						Твердость	ЕВ	МД	Надпись, размер заготовки		МЗ	ЖИД	НРС30... 35	168	0,72	Ø25 x 290		1,26	1	Оборудование, инструмент ЧПУ Торнодно-винторезный ; ИВ120			Обозначение программы —		
Твердость	ЕВ	МД	Надпись, размер заготовки		МЗ	ЖИД																			
НРС30... 35	168	0,72	Ø25 x 290		1,26	1																			
<table border="1"> <tr> <td>Тр</td> <td>Тз</td> <td>Тш</td> <td>Тшт</td> <td colspan="3">СВЖ</td> </tr> <tr> <td>0,18</td> <td>0,61</td> <td>17</td> <td>0,89</td> <td colspan="3">Д/о</td> </tr> </table>						Тр	Тз	Тш	Тшт	СВЖ			0,18	0,61	17	0,89	Д/о								
Тр	Тз	Тш	Тшт	СВЖ																					
0,18	0,61	17	0,89	Д/о																					
Р	ПМ	В	В	L	ε	ι	S	ρ	V	f _в	T _в														
01				мм	мм	мм	мм/об	об/мин	м/мин	м/с	мин														
02	A										0,25														
04	396111. XXXX - патрон ; 392841. XXXX - центр вращающийся																								
05	01. Точить поверхн., выдерж. разм. ① ③																								
07	392131. XXXX - резец Т15К6 ; 393341. XXXX' - щц - Т - 125 [±] 0,1																								
Р 08		25	102	4,5	1	0,63	914	72	1,2	0,16	0,18														
09																									
10																									
OK																									

Рисунок 3.10 - Приклад оформлення операційної карти

Відомість оснастки (ВО) – документ, призначений для переліку технологічного оснащення, яке застосовується при виконанні технологічного процесу виготовлення виробу.

Матеріальна відомість (ВМ) – це документ, в якому містяться дані про подетальні норми витрати матеріалів, про заготовки, технологічний маршрут проходження виробу, що виготовляється.

Залежно від стадії розробки технологічні документи поділяють на проектні та робочі. Існує тісний зв'язок між ЄСТД та ЄСКД. Ці системи відіграють велику роль у покращенні управління виробництвом, підвищенні його ефективності, у впровадженні автоматизованих систем управління тощо.

Питання для самоперевірки

1. Що таке матеріальна відомість?
2. Що розуміють під технічною підготовкою виробництва?
3. Для чого складається відомість оснастки?
4. Назвіть етапи етапи конструкторської підготовки виробництва.
5. Які види конструкторських документів ви знаєте?
6. Назвіть етапи технологічної підготовки виробництва.
7. Яке призначення єдиної системи технологічної документації?
8. Що собою являє маршрутна карта?
9. Для чого потрібна карта технологічного процесу?
10. Що прописується в технологічній інструкції?
11. Які бувають розрізи на кресленнях?
12. Що таке конструкторська уніфікація?
13. З чого починається технологічне проектування?

ТЕМА 4. КОНСТРУКТИВНО–СКЛАДАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ МАШИНИ ТА ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБРОБКУ МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ

Проектування нового виробу із заздалегідь заданими властивостями – це завжди творчий процес. Проектування конструкцій будь-яких машин здійснюється у два етапи: попереднє (ескізне) і робоче проектування (конструювання). Результатом етапу попереднього проектування є технічне та економічне обґрунтування альтернативних варіантів структури створюваної машини. Ескізне проектування уточнює параметри і характеристики машини.

Наступним за ескізним проектуванням йде етап конструювання, коли в результаті отримують строго однозначну конструкцію машини. І вже після створення конструкції машини, визначають способи її виготовлення – починається технологічна підготовка виробництва.

Створення машини як виробу машинобудівного заводу є результатом складного виробничого процесу, протягом якого матеріали і напівфабрикати, що надходять на завод, перетворюються на окремі елементи машини (деталі), і вже потім з'єднуються (збираються) в машину.

З'єднання елементів машини між собою (складання машини) здійснюється різними способами, вибір яких залежить від конструкції машини та масштабу випуску. Складання машини полягає у з'єднанні первинних елементів машини (деталей) у складальні одиниці (вузли) і в остаточному з'єднанні між собою всіх елементів (деталей і вузлів).

Назви конструктивних елементів машини (виробів) визначаються міждержавним стандартом ГОСТ 2.101–2016 (ГОСТ 2.101–68). Отже згідно стандарту, **виробом** називається будь-який предмет або набір предметів виробництва, що підлягають виготовленню на підприємстві. Залежно від призначення їх ділять на вироби основного виробництва та вироби допоміжного виробництва.

До **виробів основного виробництва** слід відносити вироби, призначені для постачання (реалізації). До виробів **допоміжного виробництва** слід відносити вироби, призначені тільки для власних потреб підприємства (об'єднання), що виготовляє їх.

Вироби, призначені для постачання (реалізації) та одночасно

використовувані для власних потреб підприємством, виробляючим їх, слід відносити до виробів основного виробництва.

Стандартом встановлюються такі види виробів:

- деталі;
- складальні одиниці;
- комплекси;
- комплекти.

Вироби, залежно від наявності чи відсутності в них складових частин, ділять на:

- не специфіковані (деталі) – не мають складових частин;
- специфіковані (складальні одиниці, комплекси, комплекти) – що складаються з двох і більше складових частин.

Поняття «складова частина» слід застосовувати лише щодо конкретного виробу, до складу якого вона входить. Складовою частиною може бути будь-який виріб (деталь, складальна одиниця, комплекс та комплект).



Рисунок 4.1 – Види виробів та їх структура

До покупних відносяться вироби, що не виготовляються на даному підприємстві, а одержувані ним у готовому вигляді, крім одержуваних у порядку кооперування.

Отже розглянемо більш докладно визначення видів виробів (як

це трактує міждержавний стандарт), їх структуру та наведемо їхні приклади.

Деталь – це виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу, без застосування складальних операцій, наприклад, валик з одного шматка металу, литий корпус; пластина із біметалічного листа; друкована плата; маховичок із пластмаси (без арматури); відрізок кабелю або дроту заданої довжини. Це також всі ті самі вироби, піддані покриттям (захисним або декоративним), незалежно від виду, товщини та призначення покриття, або виготовлені із застосуванням місцевого зварювання, паяння, склеювання, зшивки тощо, наприклад, гвинт, підданий хромуванню; трубка, спаяна або зварена з одного шматка листового матеріалу; коробка, склеєна з одного матеріалу

Складальна одиниця – це виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві–виробнику збірними операціями (згвинчуванням, зчленуванням, клепою, зварюванням, паянням, опресуванням, розвальцюванням, склеюванням, зшивкою, укладанням тощо), наприклад: автомобіль, верстат, телефонний апарат, мікромодуль, редуктор, зварний корпус, маховичок із пластмаси з металевою арматурою.

До складальних одиниць, за необхідності, також відносять:

- вироби, для яких конструкцією передбачено розбирання їх на складові підприємства–виробником, наприклад, для зручності упаковки і транспортування;
- сукупність складальних одиниць та (або) деталей, що мають загальне функціональне призначення та спільно встановлюються на підприємстві–виробнику в іншій складальній одиниці, наприклад: електроустаткування верстата, автомобіля, літака; комплект складових частин врізаного замка (замок, запірна планка, ключі);
- сукупність складальних одиниць та (або) деталей, що мають загальне функціональне призначення, спільно укладених на підприємстві–виробнику в укладальні засоби (футляр, коробку тощо), які передбачено використовувати разом з укладеними в них виробами, наприклад: готовальня, комплект кінцевих плоско–паралельних мір довжини.

Комплек – це два і більше специфікованих виробів, не

з'єднаних на підприємстві–виробнику складальними операціями, але призначених для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій. Кожен із виробів, що входять до комплексу, служить для виконання однієї або декількох основних функцій, встановлених для всього комплексу, наприклад цех–автомат; завод–автомат, автоматична телефонна станція, бурильна установка; виріб, що складається з метеорологічної ракети, пускової установки та засобів управління; корабель.

До комплексу, крім виробів, що виконують основні функції, можуть входити деталі, складальні одиниці та комплекти, призначені для виконання допоміжних функцій, наприклад: деталі та складальні одиниці, призначені для монтажу комплексу на місці його експлуатації; комплекс запасних частин, укладальних засобів, тари та ін.

Комплект – це два та більше виробів, не з'єднаних на підприємстві–виробнику складальними операціями та які представляють набір виробу, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру, наприклад: комплект запасних частин, комплект інструменту та приладдя, комплект вимірювальної апаратури, комплект пакувальної тари тощо. До комплектів також відносять складальну одиницю або деталь, що поставляється разом з набором інших складальних одиниць та (або) деталей, призначених для виконання допоміжних функцій при експлуатації цієї складальної одиниці або деталі, наприклад: осцилограф у комплекті з ящиком для укладки, запасними частинами, монтажним інструментом, змінними частинами

До виробів, одержуваних у порядку кооперування, відносять складові частини виробу що розробляється, що виготовляються на іншому підприємстві з конструкторської документації, яка входить до комплексу документів виробу, який розробляється.

Оскільки виробом називається будь–який предмет виробництва, що підлягає виготовленню або виготовляється на підприємстві, то для автомобільного заводу — це автомобіль, для молокопереробного заводу — молоко, сметана та ін. Виріб може бути неподільним або з двох і більше частин. Отже зазначимо більш коротко.

Деталь – це виріб, що виготовляється без застосування збірних операцій. Характерна ознака деталі – відсутність з'єднань. Деталі

одержують із заготовок.

Заготовкою називають предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні чи всього матеріалу виготовляють деталь.

Складальна одиниця – це виріб, складові якого підлягають з'єднанню.

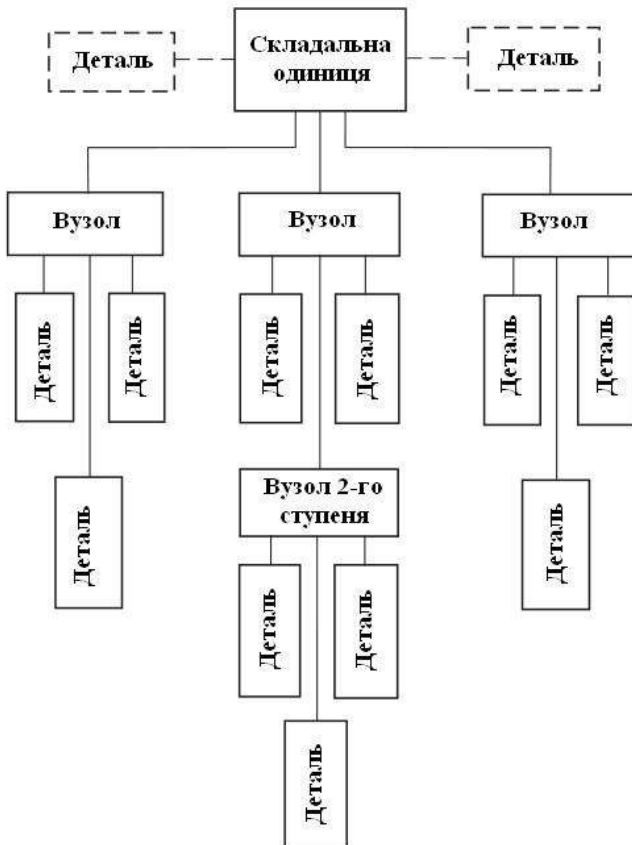


Рисунок 4.2 – Характеристика складальної одиниці

Аналіз конструкції деталей, вузлів і машин загалом повинен проводитися обов'язково перед розробкою технологічних процесів механічної обробки та складання. Цілі такого аналізу:

- покращити конструкцію, зробити її більш технологічною;
- виявити умови роботи деталі, вузла та машини в цілому з метою встановлення технічних вимог до обробки та складання.

Виявлення умов роботи деталі у виробі дозволяє проектувати технологічний процес, що забезпечує точність форми, розмірів, якість оброблених поверхонь і властивості матеріалу деталі (наприклад, твердість), які потрібні при експлуатації.

Будь-яка помилка, допущена при розробці технічних умов і норм точності на машину в цілому, тягне за собою помилки в технічних умовах і нормах точності окремих деталей, що призводить до помилок в технології. В результаті цього зростає собівартість виробів, що виготовляються в тих випадках, коли точність невіправдано завищена.

Тому перш ніж приступити до розробки технологічного процесу виготовлення машини необхідно детально ознайомитися з її цільовим призначенням, умовами експлуатації та критично проаналізувати норми точності та технічні умови. Нерідко виявляється можливість спрощення конструкції, зменшення обсягу обробки та значного розширення допусків на розміри деталей без погіршення експлуатаційних властивостей.

4.1 Виробничий та технологічний процеси у машинобудуванні

Сукупність дій, у яких сировину, матеріали чи напівфабрикати перетворюються на готову продукцію, є **виробничим процесом**. У виробничий процес входять й допоміжні процеси, що забезпечують можливість виготовлення продукції, транспортування, контроль, зберігання, збут, виготовлення пристосувань тощо.

Процеси виготовлення заготовок, обробки та збирання є **технологічними процесами**. Технологічний процес виготовлення деталей є частиною виробничого процесу.

У машинобудуванні виробничий процес включає:

- управління;
- конструювання;
- організацію та підготовку виробництва;
- планування;

- постачання;
- виготовлення заготовок;
- обробку деталей машин;
- складання деталей у вузли та загальне складання машини;
- контроль;
- транспортування;
- зберігання;
- збут продукції підприємства.

Процеси виготовлення заготовок, обробки деталей та їх складання можна загалом охарактеризувати як робочі процеси видозміни предметів праці та виготовлення виробу.

Обробка деталей для надання їм точних розмірів та певної форми, необхідної за кресленням або технічними умовами, шорсткості поверхні, виконується або зняттям стружки або без зняття стружки електричними, хіміко–механічними та іншими видами обробки. Для отримання відповідних механічних та фізичних властивостей деталей застосовують різні види термічної обробки. Таким чином, при виготовленні деталей доводиться зустрічатися з найрізноманітнішими технологічними методами залежно від вимог, які пред'являються до деталі.

Розглядаючи обробку деталей як частину робочих процесів видозміни предметів праці та виготовлення виробу, ми можемо сукупність дій з деталлю охарактеризувати терміном «технологічний процес». Отже, технологічний процес є частиною виробничого процесу.

Технологічним процесом обробки називається сукупність дій, безпосередньо пов'язаних із зміною форми, розмірів або стану матеріалу оброблюваних деталей від моменту надходження заготовок в обробку до отримання готової деталі або збирання виробу у вигляді складальної одиниці. Технологічний процес механічної обробки деталей повинен проектуватися та виконуватися таким чином, щоб задовольнялися вимоги до деталей, що забезпечують правильну роботу зібраної машини.

Розрізняють технологічні процеси виготовлення вихідних заготовок, термічної обробки, механічної обробки заготовок та збирання виробів.

Технологічний процес виконується на устаткуванні. **Технологічним обладнанням** називаються засоби технологічного

оснащення, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщуються матеріали або заготовки, а також засоби впливу на них. Прикладами технологічного обладнання є металорізальні верстати, ливарні машини, випробувальні стенди і т.д.

Засоби, що доповнюють технологічне обладнання, називають **технологічним оснащенням** (приспособлення, інструмент, вимірювальні інструменти тощо).

Технологічні процеси виконуються на робочих місцях. Робочим місцем називають елементарну частину підприємства (площу), де розміщені виконавці роботи та технологічне обладнання яке обслуговується, тобто де виконується робота. Робочий пост може мати одне або кілька робочих місць. Так, наприклад, при обробці деталі на фрезерному верстаті середніх розмірів на робочому посту є один робочий і, отже, робоче місце. При холодному штампуванні великогабаритних деталей з листового матеріалу у преса може працювати двоє робочих, а отже буде два робочих місця і т.д.

4.2 Основні відомості про обробку металів різанням

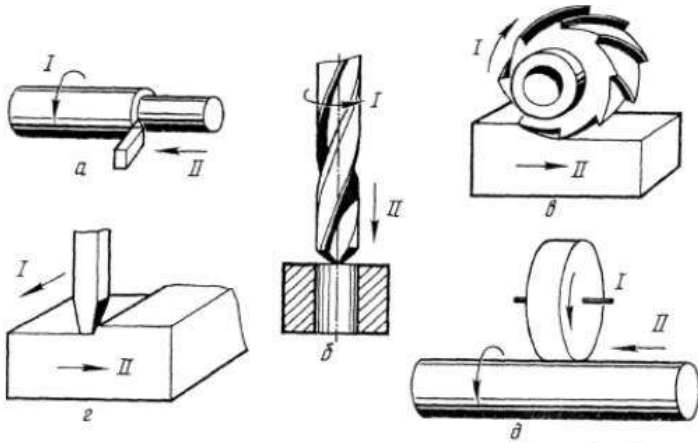
Обробка металів різанням – це процес зрізання ріжучим інструментом з поверхонь заготовки шару металу у вигляді стружки для отримання необхідної геометричної форми, точності розмірів, взаєморозташування і шорсткості поверхонь деталі. Заготовками для механічних цехів слугують прокат (круглий, квадратний, смуговий, труби тощо), поковки, штампування і відливки. Заготовки, що надходять у механічні цехи, мають припуск на обробку різанням.

Припуск залежить від низки чинників: розмірів, форми і конструктивних особливостей виготовлюваної деталі, виду заготовки, масштабів виробництва (кількості деталей, що виготовляються) тощо. В середньому величини «припуску на сторону» становлять: для штампвок $1,5 \div 7$ мм, для поковок – $2,5 \div 20$, для виливків (у піщано-глинисті форми) – $3 \div 30$ мм.

До основних методів обробки металів різанням належать точіння (рис. 4.3, а), свердління (рис. 4.3, б), фрезерування (рис. 4.3, в), стругання (рис. 4.3, г) і шліфування (рис. 4.3, д).

З них найпоширенішим і найбільш вивченим методом з погляду теорії різання металів вважається точіння, яке має багато спільного з усіма іншими методами механічного оброблення металів, тому

правильне розуміння цього процесу полегшує вивчення всіх інших методів обробки різанням.



а – точіння, б – свердління, в – фрезерування,
г – стругання, д – шліфування, I – головний рух, II – рух подачі

Рисунок 4.3 – Схеми основних методів обробки металів різанням

Щоб із заготовки зрізати шар металу, необхідно ріжучому інструменту і заготовці надати відносні рухи. Інструмент і заготовку встановлюють і закріплюють у робочих органах верстатів, що забезпечують ці відносні рухи: у шпинделі, на столі, у револьверній голівці станку тощо.

Рухи робочих органів верстатів ділять на рухи різання, настановні та допоміжні. Рухи, які забезпечують зрізання із заготовки шару металу або викликають зміну стану обробленої поверхні заготовки, називають **рухами різання**. До них відносять головний рух і рух подачі.

За головний рух приймають той рух, який визначає швидкість деформування і відділення стружки. За рух подачі приймають той рух, який забезпечує безперервність врізання ріжучої кромки інструмента в матеріал заготовки. Ці рухи можуть бути безперервними або переривчастими, а за своїм характером обертальними, поступальними, зворотно-поступальними тощо. Швидкість головного руху позначають літерою V , величину подачі – S .

Рухи, що забезпечують взаємне розташування інструменту і заготовки для зрізання з неї певного шару матеріалу, називають установчими. До допоміжних рухів відносять транспортування заготовки, закріплення заготовок та інструменту, швидкі переміщення робочих органів верстата на холостому ході, перемикання швидкостей різання і подачі тощо.

4.2.1 Класифікація металорізальних верстатів

Металорізальний верстат – це машина, призначена для обробки заготовок з метою утворення заданих поверхонь шляхом зняття стружки або шляхом пластичної деформації. Обробка проводиться переважно шляхом різання лезовим або абразивним інструментом. Металообробні верстати здійснюють також різання неметалічних матеріалів, наприклад, дерева, текстоліту, капрону та інших пластичних мас. Спеціальні верстати обробляють також кераміку, скло та інші матеріали.

Металообробні верстати **класифікують** за різними ознаками, залежно від виду обробки, застосовуваного різального інструменту та компонування. Металорізальні верстати в залежності від характеру виконуваних робіт і типу різальних інструментів, що застосовуються, поділяються **на наступні групи**.

Група токарних верстатів складається із верстатів, призначених для обробки поверхонь обертання. Об'єднуючою ознакою верстатів цієї групи є використання обертального руху заготовки в якості руху різання.

Група свердлильних верстатів включає також розточувальні верстати. Об'єднуючою ознакою цієї групи верстатів є призначення – обробка круглих отворів. Рухом різання служить обертальний рух інструменту, якому зазвичай надається рух подачі. У горизонтально–розточувальних верстатах подача може здійснюватися також переміщенням столу з оброблюваною деталлю.

Група шліфувальних верстатів об'єднується за ознакою використання абразивних шліфувальних кругів в якості різального інструменту.

Група полірувальних та доводочних верстатів об'єднується за ознакою використання як ріжучого інструменту абразивних брусків, абразивних стрічок, порошоків і паст.

Група зубообробних верстатів включає всі верстати, які служать для обробки зубів коліс, у тому числі шліфувальні.

Група фрезерних верстатів складається з верстатів, що використовують в якості різального інструменту багатолезові інструменти – фрези.

Група стругальних верстатів складається з верстатів, у яких загальною ознакою є використання в якості руху різання прямолінійного зворотно–поступального руху різця або оброблюваної деталі.

Група розрізних верстатів включає всі типи верстатів, призначених для розрізання та розпилювання катаних матеріалів (прутки, металеві косинці, швелери тощо).

Група протяжних верстатів має одну загальну ознаку: використання в якості ріжучого інструменту спеціальних багатолезових інструментів — протяжок.

Група різьбообробних верстатів включає всі верстати (крім верстатів токарної групи), призначені спеціально для виготовлення різьби.

Група різних та допоміжних верстатів об'єднує всі верстати, які не належать до жодної з перерахованих вище груп.

Нумерація верстатів. Усі верстати поділяються на 10 груп, кожна група поділяється на 10 типів та кожен тип на 10 типорозмірів. Об'єднання верстатів за групами при нумерації засноване на дещо іншому принципі, ніж при класифікації. Номер, який присвоюється кожній моделі верстата, може складатися з трьох або чотирьох цифр і літер, причому літери можуть стояти після першої цифри або наприкінці номера, наприклад: 612, 1616, 6Н82, 2620, 6Н12ПБ.

Перша цифра номера показує групу, до якої належить цей верстат. Друга цифра вказує тип верстата цієї групи. Третя чи третя та четверта цифри спільно вказують умовний розмір верстата. Так, наприклад, для токарних верстатів третя та четверта цифри показують висоту центрів у сантиметрах або дециметрах (1620, 1616, 1670); для токарно–револьверних верстатів і автоматів – максимальний діаметр оброблюваних прутків в міліметрах (1336, 1125, 1265); для свердлильних верстатів – максимальний діаметр свердління отвору в м'якій сталі в міліметрах (2А125, 2А135, 2150).

Для того щоб розрізнити конструктивне виконання верстатів

одного і того ж розміру, але з різною технічною характеристикою між першою і другою цифрами вводиться буква. Так, наприклад, усі верстати моделей 162, 1A62, 1B62, 1K62 – токарні з висотою центрів 200 мм. Однак модель 162 має максимальну кількість обертів на хвилину 600, модель 1A62 – 1200, 1B62 – 1500, а модель 1K62 має 2000 обертів на хвилину. Літери, що стоять наприкінці номера, означають різні модифікації верстатів однієї й тієї базової моделі. Так, наприклад, горизонтально–фрезерний верстат моделі 6Н82Г є спрощеним типом базового універсально–фрезерного верстата моделі 6Н82, копіювально–фрезерний верстат моделі 6Н12К є модифікацією базового вертикально–фрезерного верстата моделі 6Н12 і т.д.

Класифікація верстатів за типами.

Стандартами встановлені основні розміри, що характеризують станки кожного типу. Для токарних і круглошліфувальних верстатів це найбільший діаметр оброблюваної заготовки, для фрезерних верстатів – довжина і ширина столу, на який встановлюються заготовки або пристрої, для поперечно–стругальних верстатів – найбільший хід повзуна з різцем.

Конструкція верстата кожного типорозміру, спроектована для заданих умов обробки, називається *моделлю*. Кожній моделі надається свій шифр — номер, що складається з кількох цифр і букв. Перша цифра означає групу верстата, друга його тип, третя цифра або третя і четверта цифри відображають основний розмір верстата. Наприклад, модель 16К20 означає: токарно–гвинторізний верстат з найбільшим діаметром оброблюваної заготовки 400 мм. Літера між другою та третьою цифрами означає певну модернізацію основної базової моделі верстата.

Класифікація верстатів за рівнем точності.

Верстати поділені на 5 класів:

Н – верстати нормальної точності;

П – верстати підвищеної точності;

В – верстати високої точності;

А – верстати підвищеної точності;

С – особливо точні або майстер–верстати.

До позначення моделі може входити буква, що характеризує точність верстата: 16К20П – токарно–гвинторізний верстат підвищеної точності.

Класифікація верстатів за ступенем автоматизації.

Виділяють верстати–автомати та напівавтомати. Автоматом називають верстат, у якому після налагодження всі рухи, необхідні для виконання циклу обробки, зокрема завантаження заготовок і вивантаження готових деталей, здійснюється автоматично, тобто все виконується механізмами верстата без участі оператора. Цикл роботи напівавтомата виконується також автоматично, за винятком завантаження–вивантаження, які робить оператор, отже він здійснює пуск напівавтомата після завантаження кожної заготовки.

Автоматизація дрібносерійного виробництва деталей досягається створенням верстатів з програмним управлінням (цикловим), в позначення моделей вводиться буква Ц (або числовим буква Ф). Цифра після літери Ф означає особливість системи управління:

Ф1 – верстат з цифровою індикацією (з показом чисел, що відображають, наприклад, положення рухомого органу верстата) і попереднім набором координат;

Ф2 – верстат з позиційною або прямокутною системою;

Ф3 – верстат з контурною системою;

Ф4 – верстат з універсальною системою для позиційної та контурної обробки, наприклад, модель 1Б732Ф3 – токарний верстат з контурною системою ЧПУ.

Класифікація верстатів за масою: легкі – до 1 т; середні – до 10 т; важкі – понад 10 т. Важкі верстати ділять на великі – від 16 т до 30 т, важкі – від 30 т до 100 т; особливо важкі – понад 100 т.

4.2.2 Оснастка

Технологічна оснастка – засіб технологічного оснащення, що доповнює технологічне обладнання для виконання певної частини технологічного процесу (ГОСТ 3.1109–82). Вона призначена для встановлення заготовок на верстатах, закріплення різальних інструментів (допоміжне пристосування), транспортування оброблених деталей і виконання складальних операцій (складальний пристрій), а також для виконання контрольних операцій (контрольно–вимірювальне пристосування) тощо.

Типи оснастки: вимірювальна, контрольна, транспортна, фіксаційна, обробна, маніпулююча.

- форми для відливання, пристрої для транспортування,

- кріпильні вироби, державки;
- обертові центри, цанги, втулки перехідні для установки і закріплення осьового інструменту, копіювальні пристрої;
 - люнети для токарних верстатів (рухливі та нерухомі), повідкові; патрони, накатки, різцетримачі;
 - оправки перехідні, затискні, планшайби;
 - свердлильні патрони, токарні патрони (дво-, три-, чотирьох-кулачкові);
 - цангові токарні патрони, цанги, цангові затискачі, повідкові патрони;
 - лещата верстатні, поворотні столи;
 - тримачі інструменту, револьверні головки, упори;
 - вимірювальний інструмент тощо.

Пристосування – це технологічна оснастка, призначена для встановлення або спрямування предмета праці або інструменту при виконанні технологічної операції (ГОСТ 3.1109–82). Пристосування для токарних верстатів можуть зробити токарну обробку продуктивнішою, зручнішою, підвищити точність обробки. Пристосування поділяють на універсальні та спеціальні.



Рисунок 4.4 – Люнет для токарного верстата (люнет це основна опора при обробці на токарному або шліфувальному верстаті)

Інструмент – це технологічне оснащення, призначене для впливу на предмет праці з метою зміни його стану.

Допоміжні інструменти – це вироби, призначені для закріплення різального інструменту на металорізальних верстатах, до яких відносяться державки, патрони, перехідники, різцетримачі, перехідні втулки, цанги, оправки, патронні ключі, клини тощо.

4.2.3 Ріжучий інструмент

Ріжучий інструмент – це інструмент для формування нових поверхонь відділенням поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки.

Металорізальне обладнання, яке в наші дні використовується в різних галузях промисловості, а також у побуті, допускає використання різних видів різального інструменту. Перелік цих видів дуже широкий, завдяки чому існує можливість підібрати металорізальний інструмент, який найкраще відповідає особливостям виконуваних операцій.

Одним із основних класифікаційних критеріїв є особливість конструкції ріжучого інструменту. По ньому виділяють такі види, як:

- **різці** – інструмент однолезового типу, що дозволяє виконувати металообробку з можливістю різноспрямованого руху подачі;
- **фрези** – інструмент, при використанні якого обробка виконується обертальним рухом з траєкторією, що має незмінний радіус, та рухом подачі, який за напрямом не збігається з віссю обертання;
- **свердла** – ріжучий інструмент осьового типу, який використовується для створення отворів у матеріалі або збільшенні діаметра вже наявних отворів. Обробка свердлами здійснюється обертальним рухом, доповненим рухом подачі, напрямком якого збігається з віссю обертання;
- **центрувальне свердло** – застосовується для формування центрувального отвору в металі під свердління металу свердлом більшого діаметру;
- **зенкери** – інструмент осьового типу, за допомогою якого коригуються розміри і форма наявних отворів, а також збільшується їх діаметр;

- **розгортки** – осьовий інструмент, який застосовується для чистої обробки стінок отворів (тобто зменшення їх шорсткості);
- **цековки** – металорізальний інструмент, що також відноситься до категорії осьових і використовується для обробки торцевих або циліндричних ділянок отворів;
- **плашки** – використовуються для нарізання зовнішньої різьби на заготовках;
- **мітчики** – також застосовуються для нарізання різьби – але, на відміну від плашок, не на поверхні циліндричних заготовок, а всередині отворів;
- **шабер** – металорізальний інструмент у вигляді металевого стрижня з ріжучими кромками на кінці, застосовується при шабренні;
- **ножовочні полотна** – інструмент багатолезового типу, що має форму металевої смуги з безліччю зубів, висота яких однакова. Ножовочні полотна використовуються для відрізання частини заготівлі або створення в ній пазів, при цьому головний рух різання є поступальним;
- **протяжка** – багатолезовий інструмент з рядом послідовно виступаючих одне над одним лез у напрямку, перпендикулярному до напрямку швидкості головного руху, призначений для обробки при поступальному або обертальному головному русі леза і відсутності руху подачі.
- **абразивний інструмент:** бруски, круги, кристали, великі зерна або порошок абразивного матеріалу. Інструмент, що входить до цієї групи, застосовується для чистої обробки різних деталей .

За **типом виготовлення** існує наступний інструмент:

- цілісний ріжучий інструмент;
- складовий інструмент, конструкція якого представляє собою нероз'ємне з'єднання утворене з декількох елементів;
- збірний інструмент, що відрізняється роз'ємним характером з'єднання елементів, які його утворюють.

За **формою** – дисковий, циліндричний, конічний, пластинчастий.

За **способом з'єднання зі верстатом (кріплення)** виділяють насадний, хвостовий та призматичний інструмент.

За **способом застосування** виділяють ручний, машинний, а

також машинно–ручний металорізальний інструмент.

4.2.4 Загальні відомості про різьби

У машинах та механізмах застосовуються деталі, що мають різні зовнішні та внутрішні різьбові з'єднання. Це гвинти кріплення, гайки, ходові гвинти для перетворення обертального руху в поступальний тощо. Вантажні гвинти (домкрати) точні мікрометричні гвинти і гайки (мікрометри). Різьбові поверхні бувають різного профілю.

Різьба – це спіраль, утворена на циліндричній або конічній поверхні по гвинтовій лінії з постійним кроком. Є основним елементом різьбового з'єднання, гвинтової передачі, а також черв'ячного зачеплення зубчасто–гвинтової передачі.

Залежно від експлуатаційного призначення різьби поділяються на дві групи:

1 група – кріпильні різьби, загального застосування (кріпильні, кінематичні, трубні).

2 група – спеціальні різьби, з вузькою сферою застосування (прямокутні, конічні, трапецеїдальні).

Класифікація та основні ознаки різьби.

Одиниця виміру діаметра (метрична, дюймова, модульна, пітчева різьба). Крок різьби (великий, дрібний).

Розташування на поверхні (зовнішня та внутрішня різьба).

Напрямок руху гвинтової поверхні (права, ліва).

Число заходів (одно– та багатозахідна).

Профіль (трикутний, трапецеїдальний, прямокутний, круглий та ін.).

Утворююча поверхня, на якій розташована різьба (циліндрична, конічна різьба).

Призначення (кріпильна, кріпильно–ущільнювальна, ходова або кінематична).

ГОСТ 16093–2004 поширюється на метричні різьби загального призначення з профілем за ГОСТ 9150–2002, діаметром та кроком за ГОСТ 8724–2002 та основними розмірами за ГОСТ 24705–2004. Метрична різьба має широке застосування з номінальним діаметром від 1 до 600 мм та кроком від 0,25 до 6 мм.

Профіль – це рівносторонній трикутник (кут при вершині 60°).

Умовні позначення у маркуваннях різьби: літера М — числове значення номінального діаметра різьби. Наприклад, різьба з номінальним діаметром 16 мм з великим кроком позначається як М16; різьба з номінальним діаметром 36 мм з дрібним кроком 1,5 мм — М36х1,5; така ж по діаметру і кроку, але ліва різьба М36х1,5ЛН.

Дюймова різьба — всі параметри різьби виражені в дюймах (найчастіше позначається подвійним штрихом, що ставиться відразу за числовим значенням, наприклад, 3" = 3 дюйми), крок різьби в частках дюйма (дюйм = 2,541 см).

Модульна різьба — крок різьби вимірюється модулем (m). Щоб отримати розмір у міліметрах, достатньо модуль помножити на число π (3,14).

Циліндрична, МЛ. Різьба трубна циліндрична, G. Дюймова конічна, NPT. Дюймова різьба заснована на різьбі BSW. Круглі різьби: літери Кр. Трапецеїдальна, Тг. Умовне позначення однозахідної різьби: літера Тг. Упорна, S. Едісона круга, Е. Дюймова циліндрична, UTS.

Елементи метричної різьби.

Різьбова поверхня визначається п'ятьма основними елементами: трьома діаметрами (зовнішнім — d , внутрішнім — d_1 та середнім — d_2 діаметрами); кроком P та кутом профілю α ; H — висота профіля різьби.

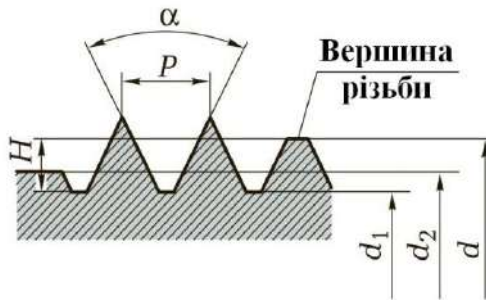
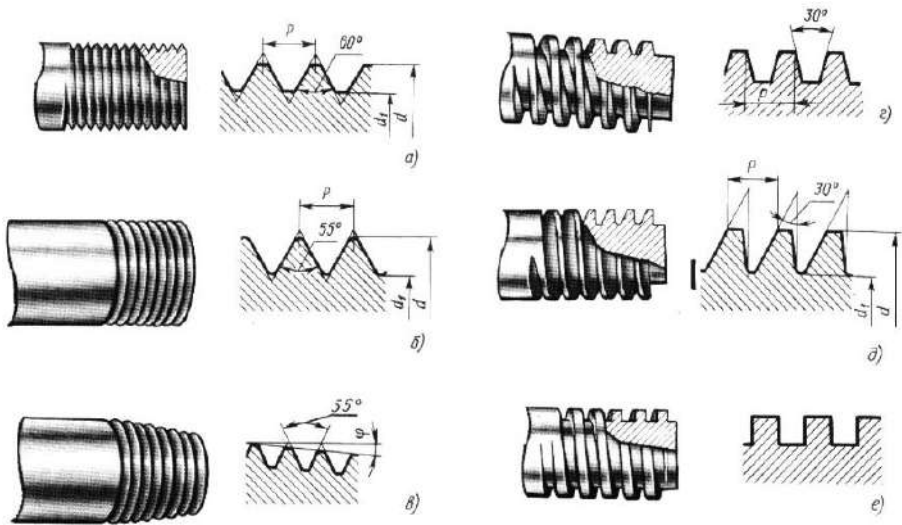


Рисунок 4.5 – Основні елементи різьби

Кроком називається відстань між двома однойменними точками сусідніх витків в осьовому напрямку. Кутом профілю називається кут між бічними сторонами різьбової канавки в осьовій площині.



а – різьба метрична, б – різьба трубна циліндрична,
 в – різьба трубна конічна, г – різьба трапецеїдальна,
 д – різьба упорна, е – різьба прямокутна (нестандартна)

Рисунок 4.6 – Види різьби

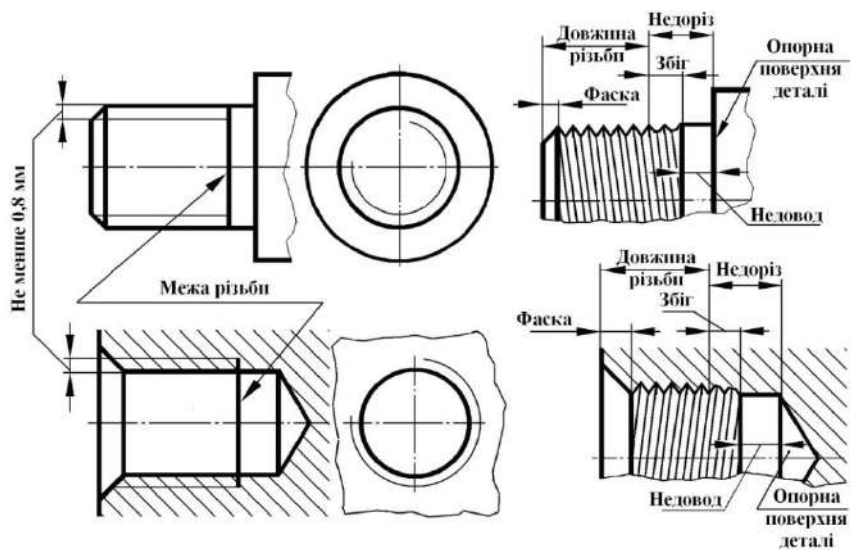


Рисунок 4.7 – Умовне зображення різьби на кресленнях

Методи та засоби контролю різьби.

Диференційований метод контролю полягає у вимірі кожного елемента різьби окремо. Застосовують для контролю точних різьб, різьбових калібрів, ходових гвинтів верстатів, мітчиків, плашок.

Комплексний метод контролю виявляє ступінь відповідності дійсного контуру різьби граничному. Використовують граничні різьбові калібри, проектори та шаблонні граничними контурами.

Різьбові шаблони призначені для визначення номінального розміру кроку різьби з малою точністю її профілю. Для вимірювання середнього діаметра трикутної зовнішньої різьби застосовують різьбовий мікрометр (ГОСТ 4380–93). Клас точності різьби – це міра відповідності (величини зазору) між сполучними профілями внутрішньої та зовнішньої різьби.

Визначено три класи точності для метричних кріпильних різьблень:

Точний (високий) має поля допуску 4Н, 5Н, 6Н для внутрішньої та 4h, 4g – для зовнішньої різьби;

Середній має поля допуску 5Н, 6Н, 6G, 7Н для внутрішньої та 5h, 6h, 5g, 6g, 6f, 6e, 6d, 7g – для зовнішньої різьби;

Грубий має поля допуску 7Н, 7G, 8Н для внутрішнього різьби і 8g – для зовнішньої різьби.

Точний клас рекомендується для відповідальних різьбових з'єднань. Середній клас – для різьби загального призначення.

Зовнішні різьби нарізають плашками, різцями, багатонитковими різьбонарізними головками, різцевими головками, накочуванням (пластичним деформуванням). Внутрішні різьби нарізають мітчиками різцями, різьбонарізними головками, а також методом пластичної деформації при використанні розкочувачів.

4.2.5 Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР)

Мастильно-охолоджувальні технологічні засоби є обов'язковим елементом більшості технологічних процесів обробки матеріалів різанням та тиском. Загальні технічні вимоги для МОР встановлені ГОСТ Р 50558–93, ГОСТ Р 50815–95.

Точення, фрезерування, свердління, шліфування та інші процеси обробки різанням сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів, неметалічних конструкційних матеріалів, штампування та прокатка

металів характеризуються великими статичними та динамічними навантаженнями, високими температурами, впливом оброблюваного матеріалу на різальний інструмент.

В цих умовах основне призначення МОР — зменшити температуру, силові параметри обробки та зношування різального інструменту, штампів і валків, забезпечити задовільну якість обробленої поверхні. Крім цього МОР повинні відповідати гігієнічним, екологічним та іншим вимогам, мати комплекс антикорозійних, миючих, антимікробних та інших експлуатаційних властивостей. МОР видаляє стружку, бруд, пил та інші забруднення з місця контакту інструменту та металу, що перешкоджає порушенню структури металу під впливом високих температур.

Застосування МОР при обробці металів різанням і тиском дозволяє збільшити продуктивність обладнання, підвищити точність оброблених поверхонь і знизити їхню шорсткість, зменшити брак, поліпшити умови праці та у ряді випадків скоротити кількість технологічних операцій.

Класифікація МОР будується в основному на фізико-хімічному складі:

- індустриальні оливи та ін. нафтові фракції з присадками;
- емульсоли, що утворюють у воді грубодисперсні емульсії нафтопродуктів із присадками;
- синтетичні органічні сполуки або напівсинтетичні суміші, що дозволяють одержувати стабільні мікроемульсії або прозорі розчини;
- рідкі суміші, що швидко випаровуються низькокиплячі, в основному галогенпохідні вуглеводнів з добавками.

Однак існує досить поширений поділ МОР на такі групи.

1. Масляні МОР є мінеральними маслами в'язкістю при 50°C, в основному, від 2 до 40 мм²/с, без присадок або з присадками різного функціонального призначення (антифрикційні, протизносні, протизадирні, антиокислювальні, миючі, антипінні, протитуманні, антикорозійні та ін.).

Маючи хороші змащувальні властивості, масляні МОР мають і недоліки: низьку охолоджувальну здатність, високу вартість, підвищену випаровуваність і пожежонебезпечність. Створюються вони на базі оливи (найчастіше мінеральної), яка і відповідає за зниження тертя у місцях контакту інструменту.



а



б

а – подача МОР вільно падаючим струменем рідини,
б – подача МОР під високим тиском

Рисунок 4.8 – Варіанти подачі МОР у зону різання на верстаті

З метою покращення робочих показників до складу також входять пакети присадок з певними характеристиками.

2. Водозмішувані. До складу водозмішуваних МОР можуть входити емульгатори, інгібітори корозії, біоциди, протизапальні присадки, антипінні добавки, електроліти, сполучні речовини (вода, спирти, гліколи тощо) та інші органічні та неорганічні речовини. Водозмішувані МОР мають низку переваг у порівнянні з масляними: більш високою охолоджувальною здатністю, пожегобезпечністю та меншою небезпекою для здоров'я працюючого персоналу, невисокою вартістю робочих розчинів. Разом з тим їм притаманний і ряд недоліків — підвищена уражуваність мікроорганізмами, піноутворення, утилізації відпрацьованих водних розчинів.

Велику роль на характеристики мастильних рідин також надають присадки, тому слід виділити і їх основні види:

- антикорозійні присадки, призначені для захисту поверхні металів під час їх обробки під впливом екстремальних навантажень;
- протизносні присадки дозволяють зменшити зношування інструментів, а також окремих деталей і вузлів верстатів за важких умов експлуатації, тим самим продовжуючи термін служби обладнання;
- протизадирні присадки запобігають пошкодженню поверхонь інструменту під час обробки металів;
- антигуманні присадки протидіють появі туману від масляних МОР, що негативно позначається на роботі верстатів та викликає захворювання дихальної системи працюючих;
- антипінні присадки продовжують термін служби самих мастильно-охолоджуючих рідин, оберігаючи їх від утворення піни, що згубно впливає на властивості МОР.

4.3 Основні поняття про слюсарні операції

Обробку металів вручну називають слюсарною обробкою. Слюсарні роботи поділяються на основні, складальні та ремонтні. Основними слюсарними роботами називаються операції з надання деталям заданої кресленням форми, розмірів та стану поверхні. Складальні слюсарні роботи виконуються при складанні вузлів виробів, при складанні машин та приладів з окремих вузлів.

До слюсарних робіт відносяться такі основні операції: розмітка, рубка, правка, гнуття, обпилювання, шабріння, притирання, свердління, різьбонарізання та інші. Для всіх цих робіт є спеціальні інструменти та пристосування.

Розмітка – це операція з нанесення на поверхню заготовки ліній (рисок) визначальних контури деталі, яка виготовляється, або вказують межі подальшої механічної обробки. Розмічають метал на розмічувальних плитах різними інструментами: масштабними лінійками, креслярками, рейсмасами, косинцями, циркулями, кернерами.

Рубка — це операція зі зняття із заготовки шару металу, а також розрубання металу (листового, смугового, дроту тощо) на частини за допомогою ріжучих інструментів зубила, крейцмейселя, канавчика та молотка. При цьому заготовку встановлюють на плиту або закріплюють у слюсарних лещатах.

Різання – це поділ металу на частини зі зняттям стружки і без зняття стружки. Різання прутків, труб, смугового металу виконують вручну пилами–ножовками, кусачками, труборізами тощо. Більші заготовки розрізаються на приводних ножівочних верстатах, на відрізних верстатах, а також газовою або електродуговою різкою. Для розрізання листового матеріалу товщиною до 2 мм використовують ручні та стільці ножиці, а для товстіших — важільні ножиці з механічним приводом.

Правка – це операція з випрямлення вигнутого або пошкодженого металу. Застосовують для виправлення нерівностей, короблення, поводка листового та пруткового матеріалу. Тонкі (товщиною до 1 мм) листи з жерсті, алюмінію, червоної міді, латуні та інших м'яких матеріалів правлять на плиті дерев'яним молотком, а товстіші — сталевими молотками на плиті або на ковадлі. Погнуті вали та інші великі деталі виправляють на пресах.

Гнуття – це операція вигину заготовки прямолінійної форми. Гнуття виконується вручну або із застосуванням спеціального обладнання та пристроїв. Гнуття тонких металевих листів та пруткового прокату роблять у лещатах рівномірними ударами дерев'яного молотка, а товстіших – сталевим молотком.

Шабрування служить для отримання необхідної за умовами експлуатації деталі високої точності поверхонь з низькою шорсткістю або для щільного прилягання сполучних поверхонь деталей машин.

Піддають шабрінню поверхні, які попередньо оброблені струганням, фрезеруванням або обпилюванням. Шабріння є остаточною операцією (при обробці напрямних поверхонь вкладишів підшипників, станин верстатів та машин) і здійснюється спеціальним ріжучим інструментом – шабером.

Притирання та доведення виконують твердими шліфувальними порошками, які наносять на спеціальні притири з м'якої сталі, сірого чавуну, міді, твердих порід дерева та інших матеріалів. Форма притира повинна відповідати формі поверхні, що обробляється. Переміщуючи притир зі шліфувальним порошком по оброблюваній поверхні, знімають з неї дуже тонкий (0,001–0,002 мм) шар нерівностей, завдяки чому досягається щільний дотик сполучних деталей.

Свердлять невеликі та неглибокі отвори свердлами за допомогою ручних, електричних та пневматичних дрилів. Великі та глибокі отвори свердляться на верстатах.

Нарізають різьбу при слюсарних роботах мітчиками та плашками. Мітчики служать для нарізування внутрішньої різьби, а плашки – зовнішньої.

Обпилювання – це процес зняття шару металу з поверхні заготовки за допомогою інструменту (напилку, надфіля або рашпіля). Воно засноване на ручному або механічному знятті з поверхні, що обробляється тонкого шару матеріалу. Обпилювання відноситься до основних і найбільш поширених операцій. Воно дає можливість отримати остаточні розміри та необхідну шорсткість поверхні виробу.

Обпилювання може проводитися напилками, надфілями або рашпілями. Напилки поділяються на такі види: слюсарні загального призначення, слюсарні для спеціальних робіт, машинні, для заточування інструменту та контролю твердості.

Залежно від форми розрізняють такі типи напилків: слюсарні плоскі тупоносі; круглі; напівкруглі, квадратні; тригранні; плоскі; гостроносі; ножівочні; овальні; лінзові; ромбічні; напівкруглі; широкі; рашпілі (ГОСТ 1465–80).

Слюсарні напилки розрізняються за двома основними ознаками: за формою поперечного перерізу і за числом насічок на один сантиметр довжини напилка.

Напилки виготовляють з інструментальної вуглецевої сталі У13 або У13 А і гартують на твердість не нижче HRC 54–58.

Найдрібніші напилки, так звані надфілі, призначені для виконання дуже дрібної та точної роботи (ГОСТ 1513–77) виготовляють за формою поперечного перерізу одинадцяти типів: плоскі тупоносі, плоскі гостроносі, квадратні, тригранні, тригранні односторонні, круглі, напівкруглі, овальні, ромбові, ножовочні та пазові. Надфілі виготовляють з інструментальної вуглецевої сталі У12 або У12А і гартують до твердості HRC 54–60.

Напилок має дерев'яну ручку зі стяжним кільцем, яке оберігає її від тріщин при насажденні на хвостовик напилка. Ручка повинна щільно насаджуватися на хвостовик напилка, для чого в ній свердлять отвір діаметром, що відповідає розміру середньої частини хвостовика, і глибиною, що дорівнює довжині хвостовика. Ручки виготовляють із дерева (береза, бук) або пресованого паперу. Дерев'яні ручки застосовуються частіше, оскільки вони практичніші.

Ручки для напилків загального призначення виготовляють довжиною 90, 100, 110, 120, 130, 140 мм, діаметром її на кінці відповідно 12, 16, 20, 23, 25, 28 мм. Розмір ручки вибирається відповідно до величини напилка.

До *слюсарних інструментів відносяться*: зубило, крейцмейсель (це різновид зубила), канавочник, пробійник, слюсарні молотки, виколотки, кернер, напилки, надфілі, плоскі гайкові ключі, ключ універсальний гайковий, торцевий, накладний, важільний для труб, гаковий для труб, різного роду щипці, плоскогубці, дрилі ручні та верстатні, свердла, розгортки, мітчики слюсарні, плашки, слюсарні ручні лещата, викрутки, струбцини, захвати, плита для згинання труб, труборіз, ручні ножиці для ж сти, оправка розрізання матеріалу, коміри та оправки для плашок, шабери та інструменти для наведення декоративного малюнка, плита для притирання та притирання, паяльники, паяльна лампа, пневматичний молоток, знімач для підшипників, плита для розмітки, розмічальний інструмент та гвинтові хомути.

Допоміжними інструментами слюсаря є: ручна щітка, металева щітка для очищення напилків, інструмент для розмітки, матеріали для чищення, крейда, накладки на щоки лещат, колодки дерев'яні, масла та мастила, маркери сталеві – цифрові та буквені, рашпіль для деревини, монтерський ніж, дерев'яний молоток, гумовий молоток, наждачне полотно, пензлі, ложка для розтоплення олова, тигель для розтоплення легкоплавких сплавів кольорових металів,

олійна стрічка та ізоляційна та ін.

4.3.1 Основні поняття про токарну обробку металів

Токарна обробка – це лише один з можливих способів обробки виробів шляхом зрізання із заготовки зайвого шару металу до отримання деталі необхідної форми, розмірів та шорсткості поверхні. Вона здійснюється на металорізальних верстатах, званих токарними. На токарних верстатах обробляються деталі типу тіл обертання: вали, зубчасті колеса, шківів, втулки, кільця, муфти, гайки, фланці та ін.

Основними видами робіт, що виконуються на токарних верстатах, є: обробка циліндричних, конічних, фасонних, торцевих поверхонь, уступів; виточування канавок; відрізання частин заготовки; обробка отворів свердлінням, розточуванням, зенкеруванням, розгортанням; нарізування різьби; обробка фасонних поверхонь; накочування рифлень.

Інструменти, що застосовуються для виконання цих процесів, називаються ріжучими. При роботі на токарних верстатах використовуються різні різальні інструменти: різці, свердла, зенкери, розгортки, мітчики, плашки, різьбонарізні головки та ін.

Всі способи обробки металів, засновані на видаленні припуску та перетворенні його на стружку, визначаються поняттям різання металу. Для успішної роботи необхідно, щоб процес різання протікав безперервно і швидко. Форма оброблюваної деталі забезпечується, з одного боку, відносним рухом заготовки та інструменту, з іншого, – геометрією інструменту.

Процес різання можливий за наявності основних рухів: головного руху – обертання заготовки і поступального руху різця, званого рухом подачі, який може відбуватися вздовж або впоперек виробу, а також під постійним або змінюваним кутом, до осі обертання виробу.

Виділяються такі види стружки: елементна стружка; стружка сколювання; ступінчаста стружка; зливна стружка та стружка надлому.

Устрій токарного верстата, незалежно від його моделі та рівня функціональності, містить типові конструктивні елементи, які й визначають технічні можливості такого обладнання. Конструкція будь-якого верстата, що належить до категорії обладнання токарної

групи, складається з таких основних елементів, як передня і задня бабка, супорт, самоцентрований трикулачковий патрон, фартух пристрою, коробка для зміни швидкостей, коробка подач, шпиндель і приводний електродвигун.

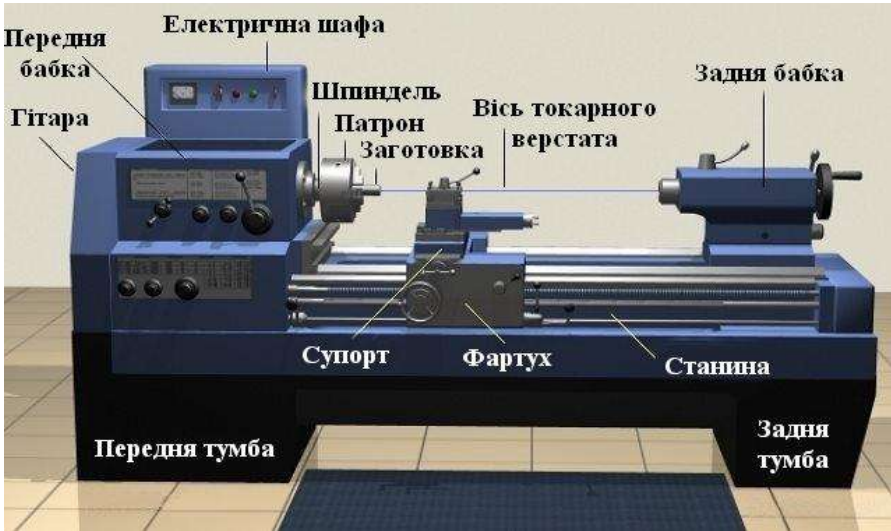
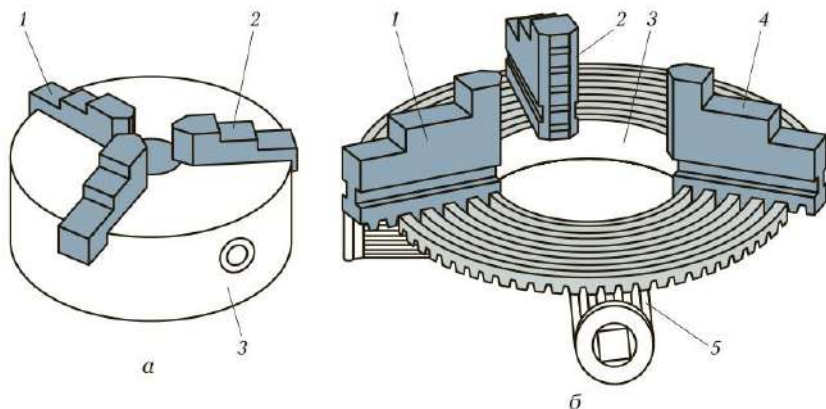


Рисунок 4.9 – Основні частини токарного верстата по металу

Самоцентрований трикулачковий патрон (рис. 4.10, а), складається з корпусу 3 з пазами, в яких переміщуються кулачки 1 і 2. Переміщення кулачків від периферії до центру патрона відбувається за допомогою спіральної нарізки, виконаної в диску 3 (рис. 4.10, б).

Диск приводиться в обертання спеціальним ключем, який встановлюють в отвір зубчастого колеса 5. Це колесо знаходиться в зачепленні з диском 3. Кулачки 1, 2 і 4 виготовляють ступінчастими, що дозволяють закріплювати заготовки з базуванням по внутрішньому діаметру. Для підвищення зносостійкості кулачки піддають загартуванню.

Станина є несучим елементом, на якому встановлюються і фіксуються всі інші конструктивні елементи агрегату. Конструктивно станина являє собою дві стінки, з'єднані між собою поперечними елементами, що надають їй необхідний рівень жорсткості.



а – загальний вигляд: 1, 2 – кулачки; 3 – корпус;
 б – устрій: 1, 2, 4 – кулачки; 3 – диск зі спіральною нарізкою;
 5 – зубчасте колесо

Рисунок 4.10 – Самоцентрований трикулачковий патрон

Окрім частини верстата повинні переміщатися по станині, для цього на ній передбачені спеціальні напрямні, три з яких мають призматичний переріз, а одна – плоский. Задня бабка верстата розташовується з правої частини станини, якою переміщується завдяки внутрішнім напрямним.

Передня бабка одночасно виконує дві функції: надає заготовці обертання і підтримує її в процесі обробки. На лицьовій частині цієї деталі токарного верстата (вона також має назву «шпindelна бабка») розташовуються рукоятки управління коробкою швидкостей. За допомогою таких рукояток шпindelю верстата надається необхідна частота обертання.

Для того щоб спростити керування коробкою швидкостей, поруч із рукояткою перемикачання розташовується табличка зі схемою, на якій зазначено, як необхідно розташувати рукоятку, щоб шпindel обертався з необхідною частотою.

Крім коробки швидкостей, у передній бабці верстата розміщений і вузол обертання шпинделя, в якому можуть бути використані підшипники кочення або ковзання. Патрон пристрою (кулачкового або повідкового типу) фіксується на кінці шпинделя за допомогою різьбового з'єднання. Саме цей вузол токарного верстата

відповідає за передачу обертання заготовки в процесі її обробки. Напрямні станини, якими переміщається каретка верстата (нижня частина супорта), мають призматичний перетин.

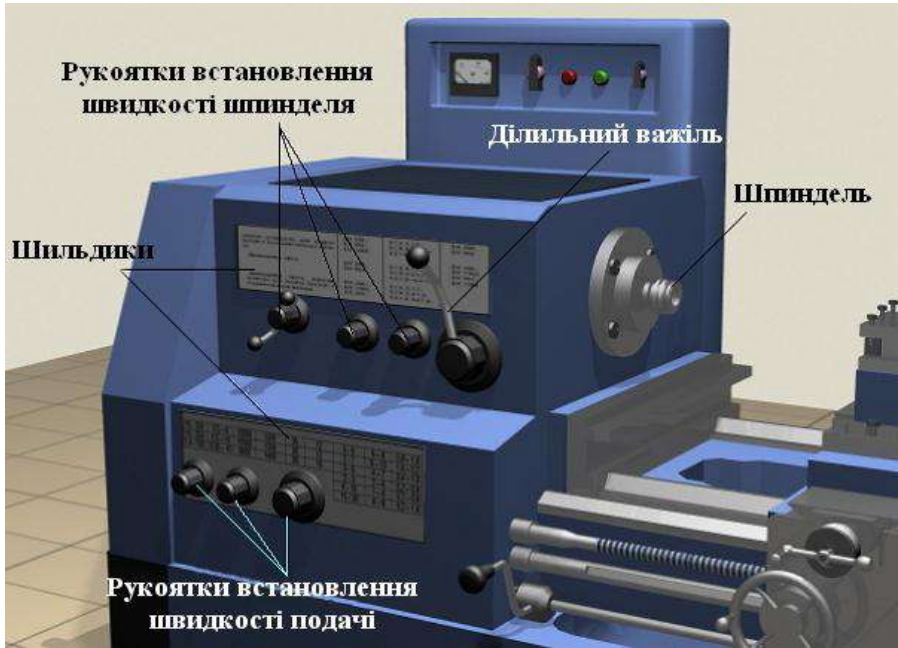


Рисунок 4.11 – Передня бабка верстата

До них висуваються високі вимоги щодо паралельності та прямолінійності. Якщо знехтувати цими вимогами, то забезпечити високу якість обробки буде неможливо. Задня бабка токарного верстата, конструкція якої може передбачати кілька варіантів виконання, необхідна не тільки для фіксації деталей, що мають значну довжину, а й для кріплення різних інструментів: свердел, мітчиків, розгортки тощо.

Додатковий центр верстата, який встановлюється на задній бабці, може бути обертовим або нерухомим. Схема з обертовим заднім центром використовується в тому разі, якщо на обладнанні виконується швидкісна обробка деталей, а також під час зняття стружки, що має значний перетин.

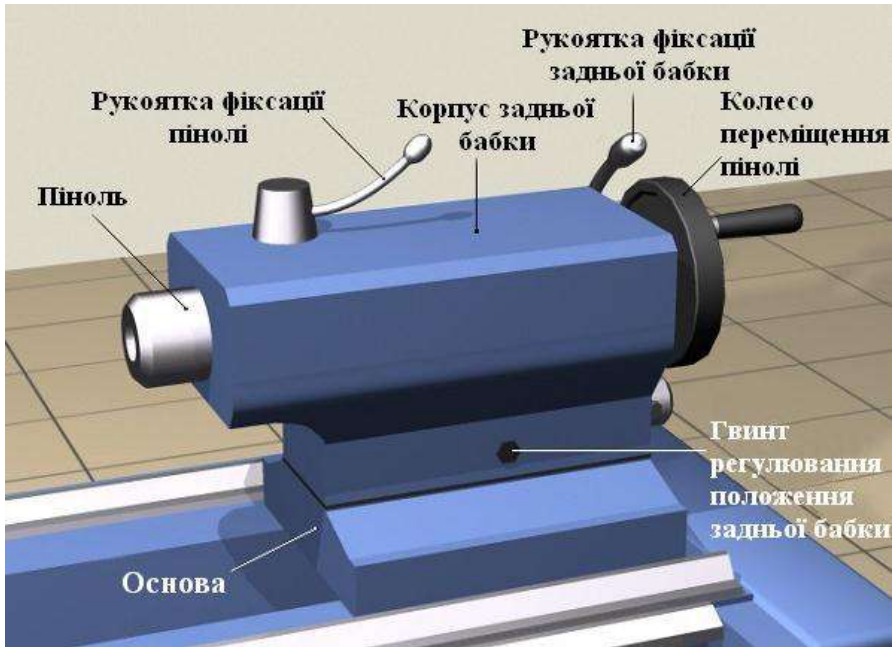


Рисунок 4.12 – Задня бабка верстата

При реалізації цієї схеми задня бабка виконується з такою конструкцією: в отвір пінюлі встановлюють два підшипники – передній упорний (з конічними роликами) і задній радіальний, – а також втулку, внутрішня частина якої розточена під конус.

Осьові навантаження, що виникають під час обробки деталі, сприймаються упорним шарикопідшипником. Встановлення і фіксація заднього центру обладнання забезпечуються за рахунок конусного отвору втулки. Якщо необхідно встановити в такий центр свердло або інший осьовий інструмент, втулка може бути жорстко зафіксована за допомогою стопора, що попередить її обертання разом з інструментом.

Задня бабка, центр якої не обертається, закріплюється на плиті, що переміщається по напрямних верстата. Пінюль, що встановлюється в таку бабку, пересувається по отвору в ній за допомогою спеціальної гайки. У передній частині самої пінюлі, в яку встановлюють центр верстата або хвостовик осьового інструменту, виконують конічний

отвір. Переміщення гайки і, відповідно, пінолі забезпечується за рахунок обертання спеціального маховика, з'єднаного з гвинтом. Важливо те, що піноль може переміщатися і в поперечному напрямку, оскільки без такого переміщення неможливо виконувати обробку деталей з пологим конусом.



Рисунок 4.13 – Супорт токарного верстата

Найважливішим конструктивним вузлом токарного верстата є його шпindel, що являє собою порожнистий вал з металу, внутрішній отвір якого має конічну форму. Що примітно, за коректне функціонування цього вузла відповідають відразу кілька конструктивних елементів верстата. Саме у внутрішньому конічному отворі шпинделя фіксуються різні інструменти, оправки та інші пристосування.

Щоб на шпинделі можна було встановити планшайбу або токарний патрон, у його конструкції передбачено різьбу, а для

центрування останнього ще й буртик на шийці. Крім того, щоб запобігти мимовільному відкручуванню патрона під час швидкої зупинки шпинделя, на окремих моделях токарних верстатів передбачена спеціальна канавка.

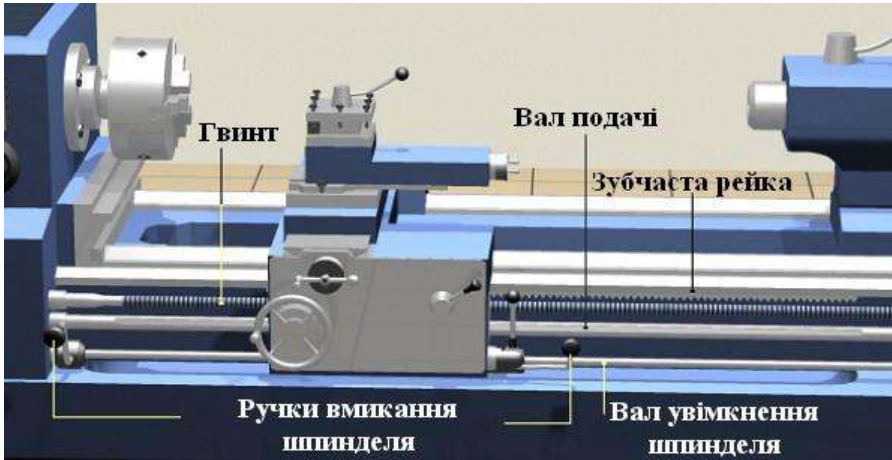


Рисунок 4.14 – Привідні вали верстата

Саме від якості виготовлення і складання всіх елементів шпиндельного вузла великою мірою залежать результати обробки на верстаті деталей з металу та інших матеріалів. В елементах цього вузла, в якому може фіксуватися як оброблювана деталь, так і інструмент, не повинно бути навіть найменшого люфту, що викликає вібрацію в процесі обертального руху. За цим необхідно ретельно стежити як у процесі експлуатації агрегату, так і під час його придбання.

У шпиндельних вузлах можуть встановлюватися підшипники ковзання або кочення – з роликовими або кульковими елементами. Звичайно, більшу жорсткість і точність забезпечують підшипники кочення, саме їх встановлюють на пристроях, що виконують обробку заготовок на великих швидкостях і зі значними навантаженнями.

Супорт токарного верстата – це вузол, завдяки якому забезпечується фіксація ріжучого інструменту, а також його переміщення в похилому, поздовжньому і поперечному напрямках.

Саме на супорті розташовується різцетримач, що переміщається разом із ним завдяки ручному або механічному приводу.

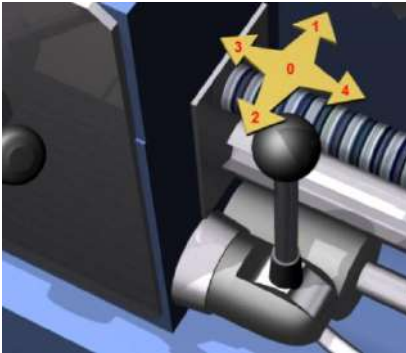


Рисунок 4.15 – Важіль перемикання швидкостей верстата

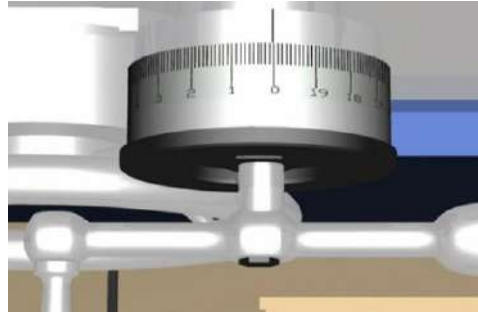


Рисунок 4.16 – Лімба для точної установки глибини різання різцем у верстата

Рух цього вузла забезпечується його конструкцією, характерною для всіх токарних верстатів:

- поздовжнє переміщення, за яке відповідає ходовий гвинт, здійснює каретка супорта, при цьому вона пересувається поздовжніми напрямними станини;
- поперечне переміщення здійснює верхня – поворотна частина супорта, на якій встановлюється різцетримач (таке переміщення, завдяки якому можна регулювати глибину різання, відбувається по поперечних напрямних самого супорта, що мають форму ластівчиного хвоста).

Різцетримач, який також називають різцевою головкою, встановлюється у верхній частині супорта. Останню за допомогою спеціальних гайок можна фіксувати під різним кутом. Залежно від необхідності на токарних верстатах можуть встановлюватися одно- або багатомісні різцетримачі.

Корпус типової різцевої головки має циліндричну форму, а інструмент вставляється в спеціальний бічний проріз у ньому і фіксується болтами. На нижній частині різцевої головки є виступ, який вставляється у відповідний паз на супорті. Це найбільш типова схема кріплення різцетримача, яка використовується переважно на

верстатах, призначених для виконання нескладних токарних робіт.

4.3.2 Основні поняття про свердління

Найбільш поширеним методом отримання отворів у суцільному матеріалі є свердління.

Розглянемо процес свердління отворів в деталі на токарному верстаті. Пам'ятаємо що на токарному верстаті рух різання при свердлінні – обертальний, рух подачі – поступальний. Перед початком роботи перевіряють збіг вершин переднього та заднього центрів верстата. Заготовку встановлюють у патрон і перевіряють, щоб її биття (ексцентричність) щодо осі обертання не перевищувала припуску, що знімається при зовнішньому обточуванні. Перевіряють биття торця заготовки, в якому оброблятиметься отвір, і вивіряють заготовки по торцю.

Перпендикулярність торця до осі обертання заготовки можна забезпечити підрізанням торця, при цьому в центрі заготовки можна виконати поглиблення для потрібного напрямку свердла та запобігання його виведення та поломки.



Рисунок 4.17 – Процес свердління отвору в деталі на токарному верстаті

Свердла з конічними хвостовиками встановлюють безпосередньо в конусний отвір пінолі задньої бабки, а якщо розміри конусів не збігаються, то використовують перехідні втулки. Для кріплення свердлів з циліндричними хвостовиками (діаметром до 16 мм) застосовують свердлильні кулачкові патрони, які встановлюються в пінолі задньої бабки верстата.

Перед свердлінням отворів задню бабку переміщують станиною на таку відстань від оброблюваної заготовки, щоб свердління можна було робити на необхідну глибину при мінімальному висуванні пінолі з корпусу задньої бабки. Перед початком свердління заготовка, що обробляється, приводиться в обертання. Свердло плавно (без удару) підводять вручну (обертанням маховика задньої бабки) до торця заготовки і роблять свердління на невелику глибину (надсвердлюють).

Потім відводять інструмент, зупиняють заготовку і перевіряють точність розташування отвору. Для того, щоб свердло не змістилося, попередньо проводять центрування заготовки коротким спіральним свердлом великого діаметру або спеціальним свердлом з кутом при вершині 90 градусів. Завдяки цьому на початку свердління поперечна кромка свердла не працює, що зменшує зсув свердла щодо осі обертання заготовки. Для заміни свердла маховик задньої бабки повертають доти, доки піноль не займе в корпусі бабки крайнє праве положення, внаслідок чого свердло виштовхується гвинтом із пінолі. Потім в піноль встановлюють потрібне свердло.

При свердлінні отвору, глибина якого більше його діаметра, свердло періодично виводять з отвору, що обробляється, і очищають канавки свердла і отвір заготовки від стружки, що накопичилася. Для зменшення тертя інструменту стінки отвору свердління роблять з підведенням мастильно-охолоджуючої рідини, особливо при обробці сталевих і алюмінієвих заготовок. Чавунні, латунні та бронзові заготовки можна сверdlити без охолодження.

У правильно заточеного свердла працюють обрізуючі кромки, і стружка сходить по двох спіральних канавках. Отвір, що обробляється, називається глибоким, якщо його глибина в 5 разів більша його діаметра. При свердлінні глибокого отвору застосовують довге спіральне свердло зі звичайними геометричними параметрами, яке періодично виводять з отвору, що обробляється, для охолодження і видалення стружки, яка накопичилася в канавках. Для підвищення продуктивності обробки застосовують свердла з примусовим

відведенням стружки, що здійснюється за допомогою рідини (або повітря), що підводиться до зони різання під тиском.

На сучасних вертикально–свердильних верстатах здійснюють такі роботи:

- свердління наскрізних та глухих отворів;
- розсвердлювання отворів на більший діаметр;
- зенкерування, що виконується для отримання отвору з високим квалітетом і параметром шорсткості поверхні;
- зенкування, яке виконується для утворення в основі просвердленого отвору гнізд з плоским дном під головки гвинтів і болтів;
- розгортання циліндричних і конічних отворів, що забезпечує високу точність і шорсткість оброблюваної поверхні;
- розкочування отворів спеціальними оправками зі сталевими загартованими роликками або кульками для отримання щільної та гладкої поверхні отвору, а також шорсткості Ra 0,63...0,08 мкм;
- нарізування внутрішніх різьб мітчиками;
- підрізання (цекування) торців зовнішніх і внутрішніх приливів для отримання рівної поверхні, перпендикулярної до осі отвору.

Отвори на свердильних верстатах обробляють різними різальними інструментами: свердлами, зенкерами, зенківками, розгортками, різцями та мітчиками.

Для кріплення свердлів, розгортки, зенкерів та інших ріжучих інструментів у шпинделі свердильного верстата застосовують наступні допоміжні інструменти: перехідні свердильні втулки, свердильні патрони, оправки тощо.

Перехідні конічні втулки служать для кріплення ріжучого інструменту з конічним хвостовиком, коли номер конуса хвостовика інструменту не відповідає номеру конуса в верстаті шпинделя, наприклад на токарно–гвинторізних верстатах.

Зовнішні та внутрішні поверхні перехідних втулок виконують із конусом Морзе семи номерів (від 0 до 6) за ГОСТ 25557–2006. Втулку разом із свердлом вставляють у конусне гніздо шпинделя верстата. Якщо однієї втулки недостатньо, застосовують кілька перехідних втулок, вставляючи одну в іншу. Для затиску свердла малого діаметра з циліндровими хвостовиками часто використовують цангові патрони.



а



б

а – загальний вигляд, б – встановленої на верстаті
Рисунок 4.18 – Приклад багатшпindelної верстатної головки

Для розгорток, що закріплюються в шпинделі свердильного верстата, застосовують оправки, що коливаються, які дозволяють інструменту займати положення, що збігається з віссю отвору, яке обробляється.

Для правильної установки та закріплення оброблюваних заготовок на столі свердлувального верстата застосовують різні пристосування, з яких найбільш поширеними є лещата машинні (гвинтові, ексцентрикові та пневматичні), призми, упори, косинці, кондуктори, спеціальні пристосування та ін. Гвинтові машинні лещата широко використовують у одиничному виробництві, а пневматичні – застосовують найчастіше в серійному та масовому виробництвах при роботі на верстатах різних груп.

Для закріплення заготовок та забезпечення правильного положення інструменту щодо осі отвору, яке обробляється, на свердильних верстатах використовують спеціальні пристосування — кондуктори.

Застосування кондукторів усуває необхідність у розмітці, нанесенні центрових отворів, вивірці заготовок при кріпленні та інших операціях, пов'язаних із свердлінням по розмітці, знижує стомлюваність робітника та ін. Тому їх широко використовують у серійному та масовому виробництві. Залежно від конструкції розрізняють накладні, ковзні, перекидні та поворотні кондуктори.

Універсально-збірні пристрої (УЗП) широко застосовуються на багатьох заводах і служать для кріплення заготовок при їх обробці на різних металорізальних верстатах (наприклад, для обробки отворів на свердильних верстатах). Застосування УЗП дає велику економію часу та коштів.

Багатошпиндельні свердильні головки є додатковим пристосуванням до свердильного верстата. Ці головки дозволяють одночасно обробляти кілька отворів різними інструментами, що значно збільшує продуктивність свердильних верстатів.

4.3.3 Основні поняття про фрезерування

Фрезерування – це обробка матеріалів різанням за допомогою фрези (фреза – різальний багатолезовий інструмент у вигляді тіла обертання із зубцями).

У процесі фрезерування беруть участь два об'єкти – фреза та

заготовка. Заготовка – це майбутня деталь.

Класифікація фрезерування може відбуватися по-різному, залежно від того, що хочуть виділити найбільш значущим: залежно від розташування шпинделя верстата та зручності закріплення оброблюваної заготовки – **вертикальне фрезерування, горизонтальне фрезерування.**

На виробництві більшою мірою використовують універсально-фрезерні верстати що дозволяють здійснювати як горизонтальне, так і вертикальне фрезерування, а також фрезерування під різними кутами різним інструментом.

Залежно від типу інструменту (фрези) – кінцеве фрезерування, торцеве фрезерування, периферійне фрезерування, фасонне фрезерування тощо.

Кінцеве фрезерування – це пази, канавки, підсікання; колодязі (наскрізні пази), кишені (пази, сторони яких виходять більш ніж на 1 поверхню), вікна (пази, які виходять лише на одну поверхню).

Торцеве фрезерування – це фрезерування великих плоских поверхонь.

Фасонне фрезерування – це фрезерування профілів. Приклади профільних поверхонь шестерні, черв'яки. Існують також спеціалізовані фрези призначені для відрізки (дискові фрези).

Залежно від напрямку обертання фрези щодо спрямування її руху (або руху заготовки) розрізняють – **попутне фрезерування** «під зуб» коли фреза «підминає» заготовку, виходить дуже чиста поверхня, але також є велика небезпека викиду заготовки при великому зніманні матеріалу; і **зустрічне фрезерування** «на зуб», коли рух ріжучої кромки відбувається назустріч до заготовки. Поверхня виходить гіршою, зате збільшується продуктивність обробки. На практиці використовують обидва види фрезерування, «на зуб» за попередньої (чорнової) і «під зуб» остаточної (чистової) обробки.

4.3.4 Основні поняття про шліфування

Шліфування – обробка різанням за допомогою інструменту – шліфувального круга. Включає механічну або ручну операцію з обробки твердого матеріалу (метал, скло, граніт, алмаз та ін.). Різновид абразивної обробки, яка, своєю чергою, є різновидом різання.

Механічне шліфування зазвичай використовується для обробки твердих і крихких матеріалів заданий розмір з точністю до мікрона, а також для досягнення найменшої шорсткості поверхні виробу, допустимої ГОСТом. В якості охолодження зазвичай використовують мастильно–охолоджувальні рідини.

Головним рухом під час шліфування є обертання шліфувального круга, а переміщення круга щодо деталі є рухом подачі.

Види шліфування:

- машинне шліфування;
- плоске шліфування – обробка площин та сполучених плоских поверхонь;
- стрічкове шліфування – обробка площин і сполучених плоских поверхонь «нескінченними» (зімкнутими в кільце) стрічками;
- кругле шліфування – обробка циліндричних і конічних поверхонь валів і отворів. Кругле шліфування підрозділяється на внутрішнє (розточування) і зовнішнє;
- безцентрове шліфування – обробка у великосерійному виробництві зовнішніх поверхонь (вали, гільзи, обойми підшипників та ін.);
- різьбошліфування;
- зубошліфування, шлицешліфування.

Основою шліфувального інструменту є зерна абразивного матеріалу, що виконують функції мікрорізців, що здійснюють мікрорізання матеріалу, що обробляється, і пластичне деформування поверхневого шару металу.

Для виробництва шліфувального інструменту використовуються такі ***абразивні матеріали:***

- традиційні абразиви (електрокорунд та карбід кремнію);
- мікрокристалічний (золь-гелевий) корунд, отриманий за спеціальною хімічною технологією;
- суперабразиви (надтверді матеріали – ельбор та алмаз).

Типи шліфувального інструменту: шліфувальні круги на керамічній та органічній зв'язці; шліфувальні бруски; шліфувальні головки.

Ельборові круги на керамічних зв'язках застосовуються для обробки високоточних деталей із сталей та сплавів твердістю HRC більше 50, зносостійких покриттів.



а – шліфувальні круги, б – шліфувальні головки
Рисунок 4.19 – Типи шліфувального інструменту

Ельборовий інструмент на органічних зв'язках, у тому числі відрізнi круги, застосовуються, головним чином, на операціях заточування інструменту (свердла, фрези, різці тощо) з швидкорізальних сталей, вишліфування стружкових канавок, відрізки та прорізання пазів.

Алмазний інструмент на органічних зв'язках, у тому числі відрізнi круги, застосовуються для заточування різального інструменту з твердих сплавів, деталей з композиту та кераміки. Алмазні відрізнi круги застосовуються для високоточного різання твердого сплаву, технічної кераміки, кольорових металів, кварцового скла, феритів, кварцу.

Алмазний інструмент на керамічних та металевих зв'язках застосовується при шліфуванні твердосплавних деталей (пуансонів, калібрів, валків та ін.), для шліфування ріжучих пластин з композитів, деталей із поєднання сталі та твердого сплаву, а також для редагування шліфувальних кругів.

Алмазні відрізнi круги на металевих зв'язках використовуються для обробки та різання скла, кришталю, дорогоцінного та напівдорогоцінного каміння. Бруски із синтетичного алмазу на металевій зв'язці використовуються для чорнового та чистового хонінгування деталей із чавуну та сталі.

Шкірка та паста з ельбору та алмазу використовуються для фінішних операцій, притирання та полірування, з метою отримання поверхонь з мінімальною шорсткістю ($Ra = 0,08-0,02$ мкм).

Круг конічного профілю (зовнішній діаметр – 150 мм, висота – 16 мм, діаметр отвору – 32 мм) виконується з електрокорунду нормального, з зернистістю шліфзерна, маркованої за ГОСТ як F40; середньом'який; середньої структури; на керамічній зв'язці. Розрахований на робочу швидкість 50 м/с, відповідає класу точності А та другому класу невірноваженості шліфувальних кругів.

4.3.5 Основні поняття про протягування

Протягуванням називається обробка поверхонь інструментами–протяжками, з зубами, розташованими перпендикулярно осі інструменту; кожен із зубів знімає певний шар металу, оскільки висота зубів різна. Зняття металу з поверхні при обробці отворів відбувається при переміщенні протяжки у напрямку осі деталі, що обробляється.



Рисунок 4.20 – Протяжки

Найбільш поширені протяжки для обробки раніше просвердлених або розточених отворів складаються з хвостовика із

замком для кріплення інструменту; шийки, поперечний переріз якої вибирається так, щоб при перевантаженні протяжки її розрив стався в цьому, а не в іншому місці, де було б важко знову зварити розірвані частини інструменту; напрямної частини необхідної для попереднього орієнтування протяжки в отворі, що обробляється; робочої частини (ріжучі зуби); калібруючої частини (калібруючі зуби); підтримуючої частини.

Відстань між ріжучими кромками двох сусідніх зубів називається *кроком зубів*.

Умовою правильної роботи протяжки є одночасне різання не менше ніж трьома зубцями. Однак щоб уникнути появи надмірних зусиль і розриву протяжки в роботі повинно бути не більше 6–8 зубів. Для отримання після обробки більш рівної та чистої поверхні, крок зубів має бути неоднаковим (відмінність за кроком $0,2 \div 0,3$ мм).

Висота зубів робочої частини поступово збільшується від хвостовика до калібруючої частини, в залежності від оброблюваного матеріалу і розмірів отвору, що протягується, на $0,01 \div 0,2$ мм.

Зазвичай робочу та калібруючу частини протяжки виготовляють із швидкорізальної сталі, інші частини роблять з конструкційної сталі і зварюють з частинами, виготовленими із швидкорізальної сталі.

Розрізняють вільне та координатне протягування.

У першому випадку проводиться обробка поверхонь без надання їм певного, заздалегідь заданого положення щодо інших поверхонь. Це звичайне протягування круглих та фасонних отворів.

При координатному протягуванні потрібно забезпечити певну координацію обробленої протяжкою поверхні щодо інших поверхонь, наприклад, положення шпонкової канавки щодо осі раніше обробленого отвору. У цьому випадку оброблювана деталь не орієнтується в просторі протяжкою, як при вільному протягуванні, а деталі надається певне положення на верстаті. Протяжка також переміщується по відповідним напрямним або по поверхні деталі, щодо якої повинна бути координована протягнута поверхня.

Протягування застосовується при обробці різних внутрішніх поверхонь (круглих та фасонних отворів діаметром $6 \div 100$ мм), площин та зовнішніх фасонних поверхонь. Деякі види поверхонь (наприклад, шліцові отвори) в даний час обробляють лише протягуванням внаслідок великих труднощів, що виникають при обробці таких поверхонь іншими способами.

Широке застосування протягування поверхонь (особливо у великосерійному та масовому виробництвах) пояснюється наступними перевагами цього процесу:

- високою продуктивністю обробки;
- високою точністю (до 2-го класу) і високою чистотою обробки (до 9-го класу);
- простотою обслуговування верстата та можливістю автоматизації процесів;
- спрощенням технологічного процесу обробки деталі в результаті заміни протягуванням послідовної обробки поверхні декількома інструментами (зенкером і розгорткою або розточувальним різцем і розгорткою тощо);
- можливістю забезпечити потрібну точність протягуванням деяких поверхонь (наприклад, шліцевих отворів), які важко точно обробити іншими способами.

Протяжні верстати для обробки отворів поділяють на такі види:

- горизонтальні (з одним повзуном і з двома повзунами);
- вертикальні (з одним повзуном);
- вертикальні напівавтомати (з одним повзуном і з декількома повзунами).

Найбільш універсальними та широко поширеними у всіх видах виробництва є горизонтально-протяжні верстати, призначені для обробки отворів. Слід відзначити що для вертикально-протяжних верстатів потрібно менше площі.

4.3.6 Основні поняття про стругання

Процес зрізання шару матеріалу із заготовки різцем при поступальному головному русі називається **стругання металу**, а верстати, на яких так обробляють матеріали, називають стругальними.

Стругання деталей на заводах роблять на кромкостругальних, поздовжньо- і поперечно-стругальних верстатах. Деталі, що підлягають струганню, повинні мати припуск, що дорівнює 30 % товщини листової сталі, але не більше 10 і не менше 3 мм. На кромкостругальних верстатах стругають кромки листової сталі пакетом максимальної товщини до 200 мм і завдовжки від 6 до 16 м, а також кромки обробляють як по одному листу, так і пакетом.

На поздовжньо-стругальних верстатах стругають кромки і торці

деталей, а також обробляють кромки листової сталі під зварювання з максимальними розмірами деталей, що обробляються 6х2х1,5 м. На поперечно–стругальних – з максимальними розмірами 600х36 мм. Для закріплення деталей на кромкостругальних верстатах передбачені пневматичні, гідравлічні, механічні та ручні притискні пристрої, а також круглі та прямокутні упори з клинами, що вставляються в отвори столу верстата.



Рисунок 4.21 – Поперечно-стругальний верстат по металу 7307ТД

Для закріплення деталей на поздовжньо–стругальних та поперечно–стругальних верстатах також застосовуються різні універсальні пристрої, кріпильні деталі, машинні лещата та струбцини.

Робочим інструментом при струганні є різець, тип, розмір та конструкцію якого вибирають залежно від умов роботи. Установку різця необхідно проводити з мінімальним вильотом з різцетримача, який не повинен перевищувати більш ніж у півтора рази висоту

державки різця.

Для збільшення терміну служби різців застосовують мастильно–охолоджувальні рідини, які знижують температуру нагріву різця, а також забезпечують зменшення зусилля різання та подачі на 15–30 % порівняно зі стружкою без застосування мастильно–охолоджувальної рідини.

При струганні на поздовжньо–стругальному верстаті деталь, закріплена на столі, здійснює прямолінійно–поворотний рух. Різець знімає стружку з частини товщини або ширини деталі тільки на робочому ході, при зворотному або холостому ході стружка не утворюється.

При струганні на поперечно–стругальному верстаті різцю надається прямолінійно–поворотний рух, а подача здійснюється за рахунок переміщення оброблюваної деталі або супорта. При виборі раціональних режимів різання користуються спеціальними таблицями, в яких для кожного виду різця та марки сталі, вказані зусилля подачі та глибина різання, а також наведені швидкість різання (м/хв) та потрібна потужність. Призначення раціонального режиму полягає у виборі глибини різання, зусилля подачі та швидкості різання, що забезпечують найменшу трудомісткість операції при найбільш повному використанні різальних властивостей інструменту та експлуатаційних можливостей верстата. Спочатку необхідно вибрати різальний інструмент, далі визначити число проходів та глибину різання відповідно до припуску на обробку.

Отже, процес зрізання шару матеріалу із заготовки різцем при поступальному головному русі називається **стругання металу**, а верстат, на яких так обробляють матеріали, називають стругальними.

4.3.7 Основні поняття про зуборізання

Зубонарізання – це процес обробки зубів зубчастих коліс та ін. деталей, що мають зуби, на зубообробному верстаті шляхом зняття стружки зуборізним інструментом.

Зубонарізання буває чорнове та чистове. При чорновому зубонарізанні знімається більша частина припуску, а профіль зуба ще не отримує остаточної форми. Чистове зубонарізання буває або остаточним процесом, або після нього роблять зміцнюючу обкатку зубів, термічну обробку з наступним зубошліфуванням або доводкою.

Зубчасті колеса нарізають в основному двома методами: методом копіювання та методом обкату (огинання).

За методом копіювання западини між зубами утворюються інструментом, що має профіль западини – дисковою фрезою, пальцевою фрезою, протяжкою, шліфувальним кругом.

За методом обкатки зубці нарізають інструментом у вигляді рейки–гребінки, черв'ячної фрези або шестерні, довбака. Нарізання відбувається в процесі примусового зачеплення інструменту із заготівлею на зуборізному верстаті. Метод обкатки дає безперервний процес нарізування, що забезпечує підвищену продуктивність та точність порівняно з методом копіювання.

Зуборізний інструмент – металорізальний інструмент для обробки зубчастих коліс, черв'ячних і храпових коліс, шлицевих валиків та ін. деталей із зубцями. Залежно від методу зуборізання застосовують модульні дискові або пальцеві фрези та зуборізні головки для роботи методом копіювання, зуборізні гребінки, черв'якові фрези, довбаки, зубострогальні різці та різцеві головки для роботи методом обкатки.

Зубофрезерування є найпоширенішою, але трудомісткою операцією для забезпечення високої якості виготовлення зубчастих коліс, її слід проводити на жорстких, високопродуктивних верстатах (з потужним електродвигуном), на підвищених режимах різання із застосуванням багатозахідних фрез.

Черв'ячна фреза застосовується для чорнового та чистового нарізування зубчастих коліс. Розрізняють фрези для нарізування: циліндричних коліс із прямими та косими зубами; черв'ячних коліс, конічних коліс з криволінійними зубами та глобоїдних коліс.

Найбільшого поширення при обробці циліндричних зубчастих коліс з прямими і косими зубами мають черв'ячні фрези з прямолінійним профілем у нормальному перерізі, а також Архімедові черв'ячні фрези з прямолінійним профілем в осьовому перерізі.

Зуборізні довбаки використовуються для нарізування циліндричних коліс будь-якого типу. Однак довбаки мають і особливі сфери застосування, в яких інші типи інструментів застосовувати не можна або нераціонально. Це нарізування зубів «в упор» на блочних колесах і на колесах з буртиками, нарізування коліс внутрішнього зачеплення і т.п. Зуборізний довбак є зубчастим колесом, пов'язаним з оброблюваним колесом, перетвореним на ріжучий інструмент.

Нарізання косозубих коліс рекомендується проводити черв'ячними фрезами, у яких напрямок витків однаковий з напрямком зубів колеса, що нарізується. Нарізання косозубих коліс відрізняється від нарізування прямозубих коліс тим, що в міру поворотно-поступального руху довбак отримує додатковий поворот.

Для нарізання косозубих коліс зовнішнього зачеплення довбак повинен бути також косозубим з тим самим кутом нахилу, але з протилежним напрямком. Колеса з правим напрямком зубів нарізають лівим довбаком, а колеса з лівим напрямком – правим довбаком. При обкатці довбак та заготовка обертаються у різних напрямках. Для нарізування косозубих коліс потрібен довбак з таким же кутом нахилу, як у колеса, але різнойменного напрямку.

Шевінгування – комбінований процес обробки зубчастих заготовок за методом вільного обкату, заснований на зрізанні металу з заготовки внаслідок ковзання зубів інструменту щодо зубів оброблюваної заготовки за рахунок позаполюсного зачеплення і тонкого пластичного деформування (вигладжування бічних поверхонь зубів).



Рисунок 4.22 – Процес шевінгування зубчастого колеса: зіскоблювання стружки шевером з бічних поверхонь зубів

Питання для самоперевірки

1. Що таке шевінгування?
2. Для чого використовуються зуборізні довбаки?
3. Які види зубонарізання ви можете назвати?
4. Як називаються верстати на яких процес зрізання шару матеріалу із заготовки здійснюється різцем при поступальному русі?
5. При яких видах обробки використовується протягування?
6. Що є умовою правильної роботи протяжки?
7. Які типи виробів вважають специфікованими?
8. Що собою являє складальна одиниця?
9. Що таке комплект?
10. Що називається технологічним процесом обробки?
11. Назвіть основні методи обробки металів різанням.
12. Як класифікують металообробні верстати?
13. Навіщо на верстаті потрібен люнет?
14. Назвіть види технологічної оснастки.
15. Для чого призначені зенкери?
16. Коли використовують центрувальні свердла?
17. Яке призначення абразивного інструменту?
18. Назвіть основні елементи метричної різьби.
19. Які є методи контролю різьби?
20. Для чого призначені мастильно-охолоджувальні рідини?
21. Для чого виконується операція шабрування?
22. Як виконується операція притирання?
23. Якими інструментами виконують розмітку металу?
24. Які функції виконує передня бабка токарного верстата?
25. Для чого призначена задня бабка токарного верстата?
26. Назвіть види робіт які можна виконувати на вертикально-свердлильних верстатах.
27. Які є види фрезерування?

ТЕМА 5. СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

«Технологічний процес» (скор. «техпроцес») – це частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії зі зміни та (або) визначення стану предмета праці. До предметів праці відносять заготовки. Практично будь-який технологічний процес можна розглядати як частину складнішого процесу виробництва.

Структура технологічних процесів виготовлення деталей машин досить різноманітна. Технологічний процес містить велику кількість різних елементів, які у певному поєднанні і утворюють технологічний процес.

Правильний вибір елементів технологічного процесу та встановлення найкращого їх поєднання є досить складним завданням, яке вирішується при проектуванні процесу виготовлення виробу. Тому від інженера-технолога вимагається ясне уявлення сутності та призначення кожного елемента технологічного процесу.

Оскільки технологічний процес складається з операцій, які виконуються у певній послідовності, тому розрізняють операції технологічні, транспортні та контрольні (рис. 5.1).

Отже, операція є частиною технологічного процесу і служить основною розрахунковою одиницею визначення продуктивності та планування завантаження устаткування, і навіть для технічного нормування праці.

Технологічна операція – це частина технологічного процесу обробки сировини, однієї заготовки або напівфабрикату (або сукупності декількох заготовок, або напівфабрикатів, що одночасно обробляються), яка виконується одним робітником або групою робітників на одному робочому місці.

Технологічна операція характеризується незмінністю об'єкта виробництва, обладнання та робочих виконавців. Зміна однієї з цих умов вже означає перехід до іншої операції. Операції в технологічному процесі нумеруються у порядку їхнього виконання.

Залежно від того, яке число операцій входить у технологічний процес – більше або менше, судять про ступінь концентрації технологічного процесу. Чим менша кількість операцій, тим вони складніші, а ступінь концентрації технологічного процесу вища.

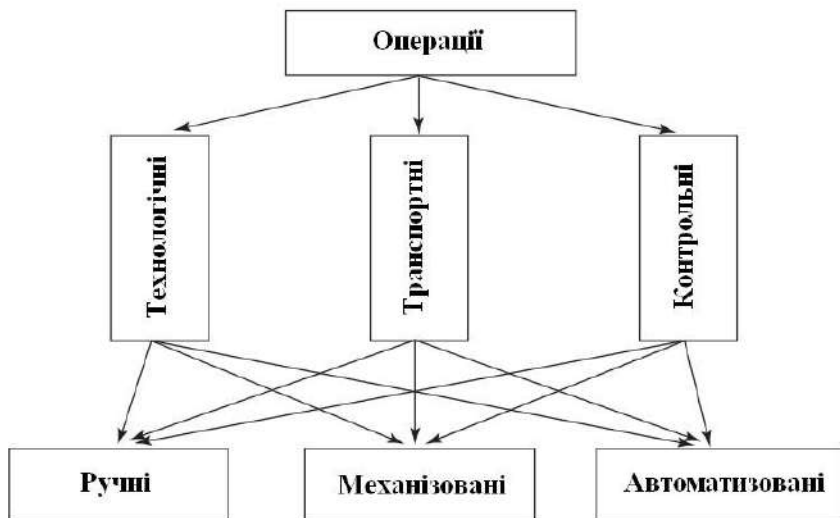


Рисунок 5.1 – Види операцій у технологічному процесі виготовлення виробу

Технологічні операції розрізняються:

за видами обробки – токарна обробка деталі, фрезерна обробка, слюсарна обробка, холодне штампування, цементация, гальванічне нікелювання тощо;

за суттю виконуваної обробки – наприклад свердління отвору $\varnothing 50$ мм, шліфування шийки валу $\varnothing 50$ мм, нарізання різьби M24x0,75 та ін.;

за видами застосовуваного обладнання – наприклад обробка на агрегатному верстаті, автоматна обробка тощо.

Транспортна операція – є частиною технологічного процесу обробки сировини, заготовок чи напівфабрикатів і є сукупністю дій, пов'язаних із переміщенням сировини, заготовок чи напівфабрикатів від однієї технологічної чи контрольної операції до іншої.

Контрольна операція – також є частиною технологічного процесу обробки сировини, заготовок або напівфабрикату і являє собою сукупність дій з перевірки відповідності розміру (або декількох розмірів), форми, якості обробленої поверхні або фізико-механічних властивостей сировини заготовки, напівфабрикату або деталі вимогам

креслення або технічним умовам.

Технологічні, транспортні та контрольні операції можуть бути ручними (виконані робітником вручну), механізованими та автоматизованими, що виконуються спеціальними машинами напівавтоматами та автоматами. Підвищення рівня механізації та автоматизації операцій (зменшення ручних операцій) – є одним з найбільш прогресивних напрямів удосконалення технологічних процесів у машинобудуванні.

Структура технологічних операцій може бути різною. Складовими технологічної операції є: установки, позиції, переходи, проходи, різні допоміжні прийоми.

Установкою називається частина операції, що виконується при одному закріпленні деталі або декількох деталей, що одночасно обробляються. Виконання обробки заготовки при іншому її закріпленні та іншому положенні щодо пристосування або верстата позначає іншу частину операції, тобто іншу установку. Слід підкреслити, що в термін **«установка»** вкладається також інший зміст: установка – це процес укладання заготовки перед обробкою на верстат чи пристосування. Не слід змішувати ці два поняття.

Установки не більше однієї операції позначаються порядковими номерами 1, 2, 3 тощо.

Позиція. Невизначеність цього терміна в даний час пояснюється різним змістом, що в нього вкладається. При обробці деталей на сучасних високопродуктивних верстатах позицію можна розглядати стосовно деталі, верстата та інструменту.

А. Позицією називається кожне з різних положень деталі, яке вона приймає за період обробки, в якому вона фіксується на верстаті разом з пристосуванням (рис. 5.2). Так, при обробці на напівавтоматах деталь може займати різні положення при одному закріпленні деталі щодо верстата шляхом обертання столу, який послідовно підводить деталь до різних інструментів (рис. 5.3).

Б. Позицією називається кожне з положень столу верстата, силових головок, супортів або інших робочих органів, в якому вони фіксуються за один цикл роботи верстата (рис. 5.4, 5.5).

В. Позицією називається кожне з різних положень інструменту щодо верстата в тих випадках, коли зміна положення інструменту проводиться за допомогою спеціального механізму.

Затискач деталі пневматичний

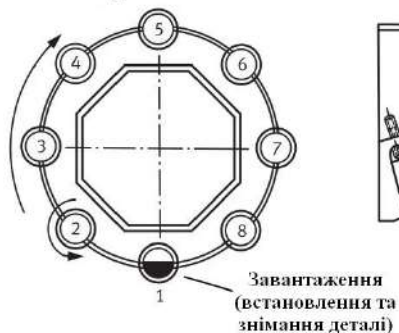
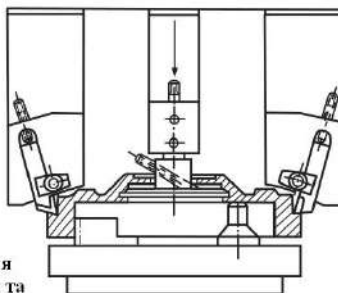
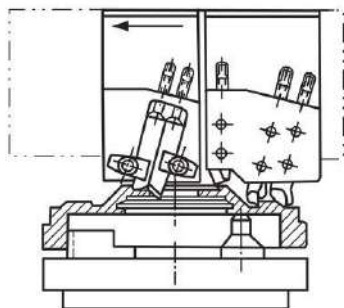


Схема розташування супортів

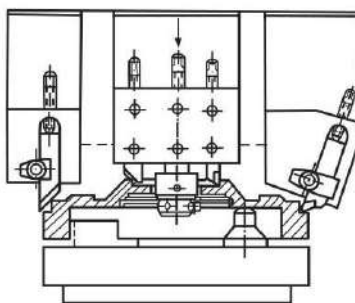
Позиція 2



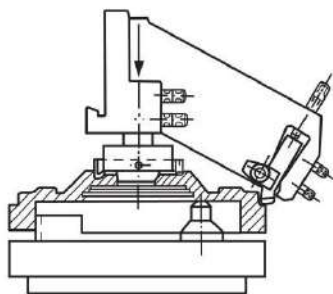
Позиції 3-4
Напівчстова та чстова обробки



Позиція 5



Позиція 6



Позиція 7 свердління 6 отв.
Позиція 8 розгортання 6 отв.

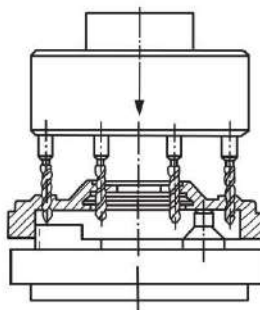


Рисунок 5.2 – Обробка деталі на восьмипозиційному вертикальному токарному напівавтоматі

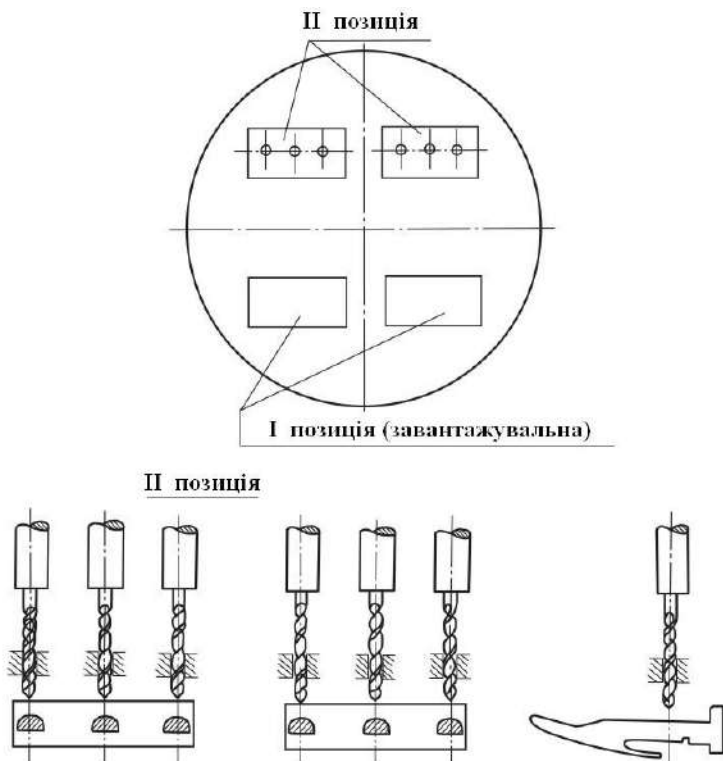


Рисунок 5.3 – Свердління в деталі трьох отворів на двопозиційному шестишпindelьному свердильному верстаті

Наприклад, розрізняють позиції револьверної головки при обробці деталі на револьверному верстаті, токарному автоматі або іншому верстаті, що має таку головку (рис. 5.6).

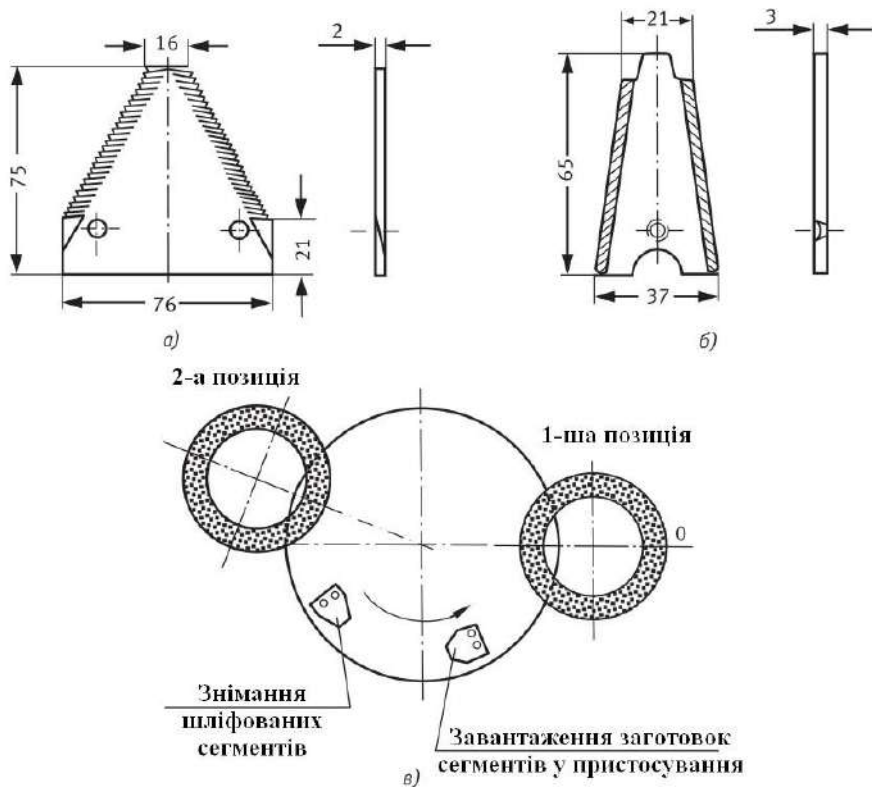
Розрізняють робочі позиції, установочні та холості. На установочних позиціях обробка деталі не проводиться, вони призначені для встановлення заготовки та закріплення її в пристосуванні. На кожній з робочих позицій проводиться той чи інший вид обробки – чорнова, напівчистова, чистова або обробна обробка однієї або кількох ділянок поверхні деталі, тому позиція характеризує собою певну частину технологічної операції. Позиції нумеруються в тій послідовності, яку вони мають за цикл роботи верстата, починаючи з установочної.



Рисунок 5.4 – Фрезерування корпусів підшипників на чотирипозиційному карусельно–фрезерному верстаті

Обробна обробка (рос. отделочная обработка) – це група завершальних фінішних операцій оброблення металів, унаслідок яких досягається висока точність розмірів, форми деталей і поліпшується якість поверхні: тонке шліфування; алмазне точіння та фрезерування; хонінгування; суперфінішування; доводка-притирання; полірування.

Установом називається частина операції, що виконується при одному закріпленні заготовки. Так, наприклад, обточування валу при закріпленні в центрах – це перший установ, обточування валу після його повороту і закріплення в центрах для обробки іншого кінця – це вже буде другий установ.



a і *б* - деталі, що шліфуються, *в* - схема шліфування

Рисунок 5.5 – Високопродуктивне шліфування плоских поверхонь деталей на спеціальному двопозиційному плоскошліфувальному верстаті

При кожному повороті заготовки навколо осі на будь-який кут у пристрої створюється новий устанок (рис. 5.7).

Операції поділяються на переходи. **Переходом** називається частина операції, яка виконується над однією або декількома одночасно оброблюваними поверхнями, одним або декількома різальними інструментами при незмінному режимі різання. Операція може складатися з одного або кількох переходів.

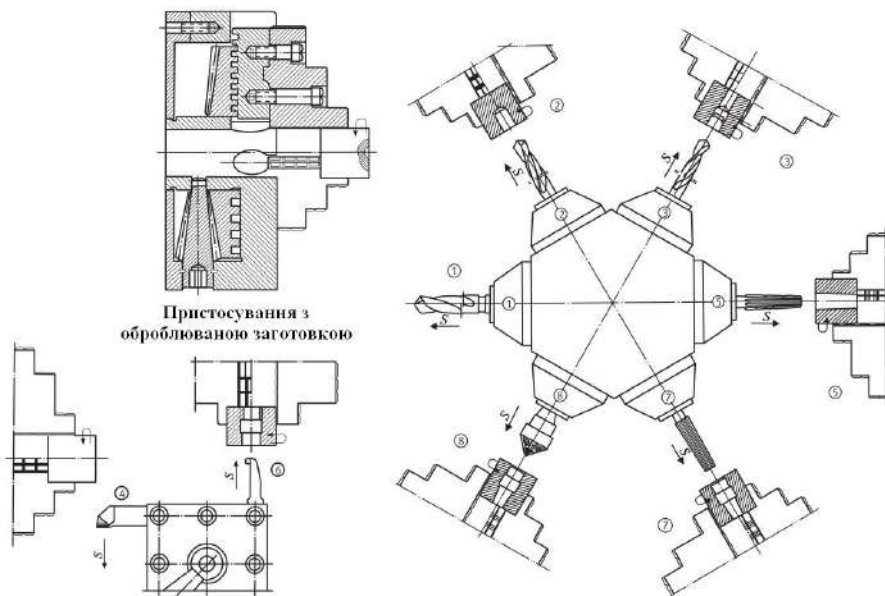


Рисунок 5.6 – Обробка деталі у вісім переходів на токарно–револьверному верстаті (□, □...□ — номери позицій)

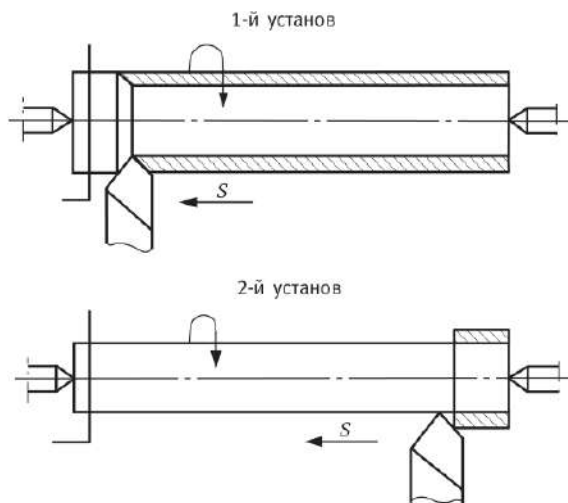


Рисунок 5.7 – Приклади установа

Зміна поверхні, інструменту або режиму різання обумовлює новий робочий перехід. *Переходи можуть бути: прості* – при обробці одним інструментом (рис. 5.8 а), та *складні* – при обробці кількома інструментами, що одночасно працюють (рис. 5.8, б і 5.9).

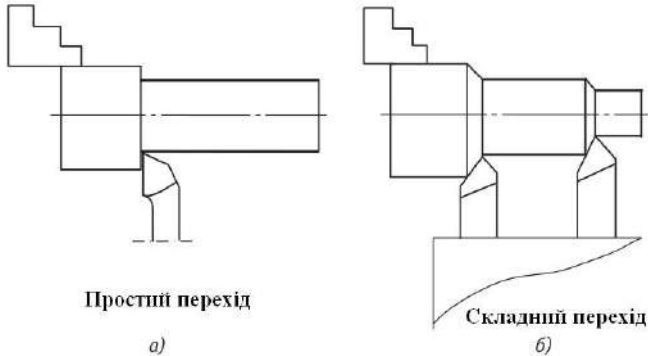


Рисунок 5.8 – Приклади переходів

З цієї вичерпної характеристики переходу впливає, що при виконанні переходу на верстаті, в результаті впливу інструменту на заготовку, відбувається зміна форми, розмірів, стану матеріалу або фізичних властивостей оброблюваної поверхні.

Застосування складних переходів, при яких одночасно обробляється кілька ділянок поверхні заготовки декількома різальними інструментами (наприклад, свердління кількох отворів одного діаметра багатшпindelною свердлильною головкою), забезпечує скорочення часу обробки та підвищення продуктивності.

Це один з прогресивних напрямків розвитку технології верстатної обробки. Переходи в межах однієї установки або позиції нумеруються порядковими номерами у тій послідовності, в якій вони виконуються. Переходи поділяються на проходи.

Проходом називається частина операції, що виконується при одному переміщенні інструменту (або набору інструментів) щодо поверхні, яка обробляється, вважаючи це переміщення в напрямку подачі. Отже, перехід складається з одного або кількох однакових і безпосередньо наступних один за одним проходів. При обробці деталі різальним лезовим інструментом здійснити обробку тієї чи іншої ділянки в один прохід не завжди вдається.

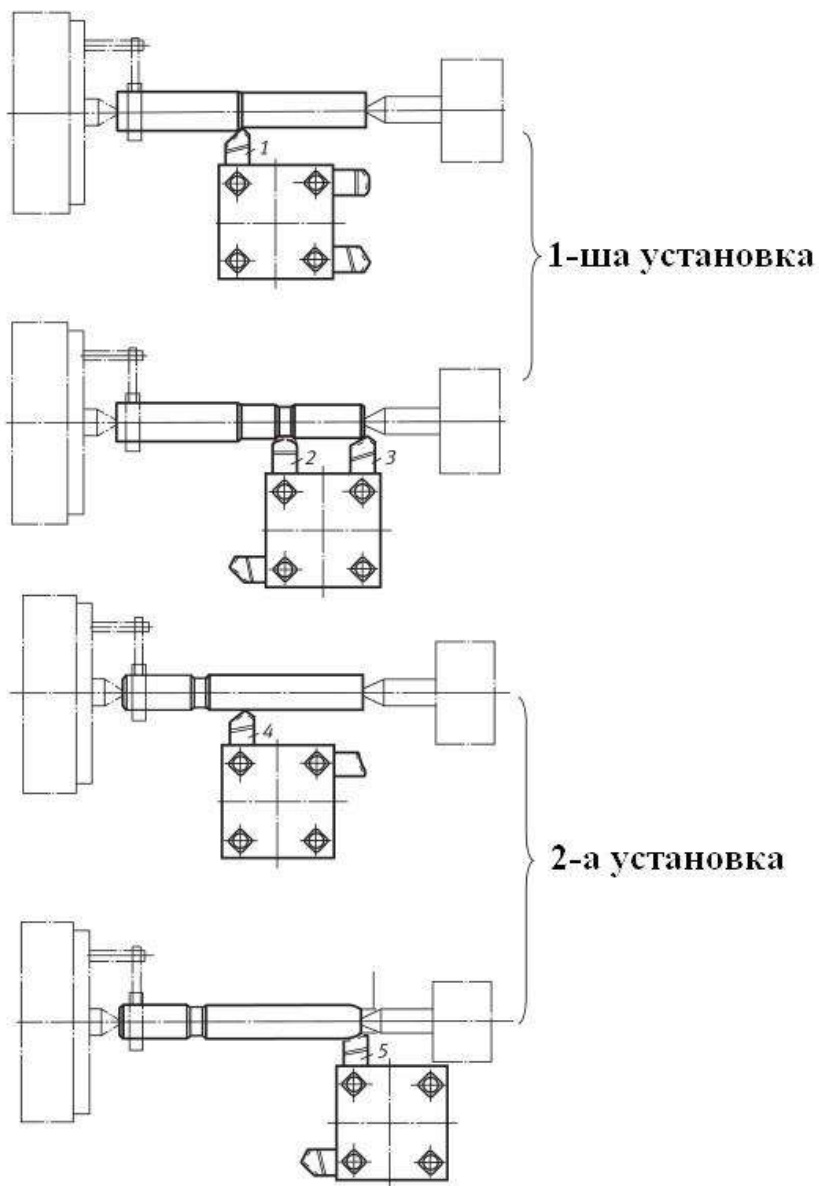


Рисунок 5.9 – Обробка вала на токарному верстаті у дві установки.
Цифрами позначені номери переходів

Кількість проходів залежить від величини припуску, величини ріжучої кромки інструменту, твердості оброблюваного матеріалу, потужності верстата, жорсткості технологічної системи, необхідної точності обробки та інших факторів.

Розглядаючи структуру операції, можна бачити, що обов'язкова умова виконання операції (установки, позиції, переходу або проходу) полягає у виконанні таких дій, як установка заготовки перед обробкою та зняття деталі після обробки, пуск верстата, зупинка верстата, підведення або відведення інструмента від заготовки, перемикання револьверної головки, вмикання подачі або її вимикання, переміщення столу або супорта верстата, поворот і фіксація столу, перевірка розмірів та форми деталі контрольно–вимірювальним інструментом або контрольно–вимірювальним пристроєм тощо. Ці елементи операції називають *допоміжними переходами*.

Залежно від характеру самих прийомів і типу верстатів, що застосовуються, допоміжні прийоми можуть виконуватися:

- робітникам вручну;
- механізмами верстата за участю робітника, наприклад, переміщення супорта з револьверною головкою на револьверному верстаті;
- верстатом автоматично, без участі робітника (верстати–автомати).

Робочим прийомом називається найменша можлива для виміру в часі частина допоміжного прийому, яка є окремим закінченим рухом, наприклад: «протягнути руку», «взяти деталь», «натиснути кнопку пускача» при виконанні допоміжних прийомів вручну, «підведення супорта», «поворот револьверної головки» і т.п. Структура технологічного процесу представлена на рис. 5.10.

5.1 Основні фактори, що впливають на побудову технологічного процесу

Сучасне машинобудування має у своєму розпорядженні велику кількість різноманітних методів обробки деталей. Вид обробки, застосований на кожній операції (обточування, фрезерування, свердління, шліфування тощо), послідовність виконання операцій, характер використовуюваного устаткування, пристосувань і інструментів, режим роботи в операціях залежить від низки чинників.

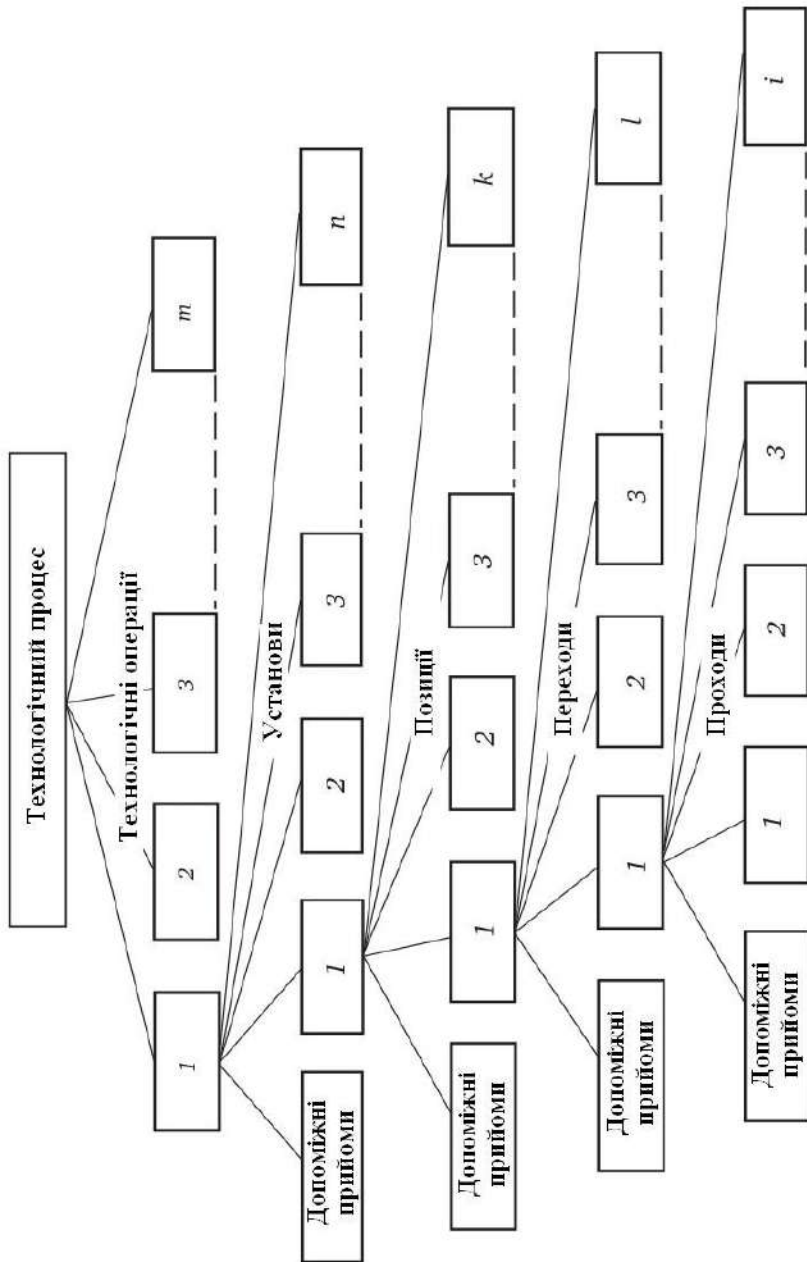


Рисунок 5.10 – Структура технологічного процесу обробки

Назвемо основні фактори, що впливають на побудову технологічного процесу обробки деталі.

1. Конструкція, розміри та маса деталі. Очевидно, що складніші за конструкцією деталі та їх маса грають при цьому велику роль. Методи та прийоми обробки деталей у важкому машинобудуванні відрізняються від методів і прийомів, що застосовуються в приладобудуванні або в середньому машинобудуванні.

2. Вимоги, які пред'являються до деталі технічними умовами щодо точності та якості поверхонь. Забезпечення більш високих вимог досягається застосуванням більш точного обладнання та спеціальних технологічних методів, а також робітників — верстатників вищої кваліфікації.

3. Випуск, даної деталі в штуках на рік, місяць або величина партії деталей, що підлягає виготовленню. При великому масштабі випуску деталей можна застосовувати більш дорогі, але водночас і більш продуктивні методи обробки та спеціальне обладнання, наприклад, автоматичні або напівавтоматичні верстати, автоматичні поточкові лінії, а в окремих випадках (при виготовленні підшипників кочення, що випускаються мільйонами штук на рік) автоматизовані цехи. Витрати на обладнання в цьому випадку розкладаються на велику кількість деталей, що випускаються, і виправдовують себе.

При малих масштабах випуску, які обчислюються одиницями, витрати на придбання спеціального дорогого обладнання економічно не виправдовують себе. У цьому випадку доводиться користуватися обладнанням, пристроями та інструментом широкого призначення (нормалізованими, універсальними) і стосовно них будувати технологічний процес.

4. Характер заготовки та фізико–механічні властивості матеріалу. Слід зазначити дві характерні тенденції сучасного машинобудування в галузі виробництва заготовок:

1) прагнення виготовляти заготовки (ковані, штамповані, литі), що за розмірами та формою наближаються до остаточних розмірів та форми деталі;

2) створення високоміцних марок сплавів і поступове збільшення їх міцності.

Заготовки з великими припусками вимагають застосування обдирних операцій, у той час як при малих припусках від обдирних

операцій у багатьох випадках можна відмовитися. Збільшення міцності та інших характеристик матеріалу заготовки (твердість, крихкість, в'язкість, міцність) великою мірою впливають на геометрію та витрату ріжучого інструменту та на режим різання.

У деяких випадках, наприклад, при обробці матеріалів з особливо високою твердістю або міцністю (тверді сплави), обробка різальним інструментом неможлива або малопродуктивна, тому доводиться застосовувати електроерозійні або інші методи обробки.

5. Обладнання, що застосовується. Характер обладнання, що застосовується, залежить від масштабу виробництва. При проектуванні нового цеху технолог може вибирати необхідне для виконання операцій обладнання (верстати), але при цьому він повинен зважати на витрати і можливість повернення цих витрат у визначений термін.

За наявності парку обладнання у вже існуючому цеху технолог має розробляти технологічний процес з урахуванням використання цього обладнання. Технологічний процес обробки однієї і тієї ж деталі на токарному верстаті, револьверному і на напівавтоматичному або автоматичному верстаті буде різним.

5.2 Вихідні дані для проектування технологічного процесу обробки деталі

Приступаючи до проектування технологічного процесу обробки деталі, технолог повинен мати у своєму розпорядженні наступні матеріали.

1. Робоче креслення деталі. Воно повинно містити:

- необхідну кількість проекцій і розрізів;
- усі розміри;
- усі необхідні допуски;
- позначення шорсткості поверхні;
- особливі вказівки, якщо вони потрібні (про термічну обробку місцеvu або загальну, параметри співвісності або перпендикулярності, паралельності оброблюваних поверхонь, параметри обробки поверхонь тощо);
- вказівки про марки матеріалу, з якого має виготовлятися виріб;
- вказівки про твердість матеріалу.

Перед проектуванням технологічних процесів, щоб уникнути помилок, завжди слід ретельно вивчити робоче креслення і, якщо потрібно, внести (обов'язково за погодженням з конструктором, який випустив креслення) всі необхідні доповнення для уточнення умов обробки цієї деталі.

II. Виробнича програма.

Виробнича програма складається з:

- специфікації деталей, що підлягають виготовленню в даному цеху;
- даних про необхідний відсоток запасних частин.

Виробнича програма може бути визначена за такою формулою:

$$W_i = Wm_i \left(1 + \frac{\beta_i}{100} \right), \quad (5.1)$$

де W_i – виробнича програма цеху по даній деталі на рік, шт.;

W – виробнича програма виробів (машин) по заводу на рік, шт.;

m_i – число даних деталей на один виріб, шт.;

β_i – відсоток запасних частин з цієї деталі.

Для литих деталей складної форми (наприклад, блоки циліндрів, картери автомобільних та інших моторів), у яких при обробці може бути виявлений брак у значному відсотку, виробнича програма для початкових операцій та потреба в заготовках підраховується за формулою:

$$W_i = Wm_i \left(1 + \frac{\beta_i}{100} \right) \left(1 + \frac{\alpha_i}{100} \right), \quad (5.2)$$

де α_i – середній відсоток браку даної деталі, що виявляється у механічному цеху.

III. Дані про заготовку (або сортовий матеріал), з якої, повинна виготовлятися деталь. При проектуванні процесу обробки для масового і серійного виробництва необхідно мати креслення заготовки.

На кресленні заготовки рекомендується нанести контур готової деталі всередині контуру заготовки та проставити на кресленні

заготовки розміри припусків на обробку.

Наявність креслення заготовки дозволяє встановити:

- величину припусків на поверхнях, що обробляються;
- як найбільш зручно можна закріплювати цю деталь при обробці на верстаті;
- з якої операції зручніше розпочати обробку деталі.

При проектуванні процесу обробки та пристроїв важливо знати розташування на заготовці задирок, штампувальних або ливарних ухилів, розташування литників, випорів і площин стиків форм у виливків тощо. Відповіді на ці та подібні питання повинні дати креслення заготовки.

Для простих за формою заготовок, зазвичай креслень не роблять. Для дрібносерійного та одиничного виробництва креслення заготовок також не розробляються. На кресленні деталі в цьому випадку – вказують величину припуску, що має бути на заготовці.

Якщо деталь виготовляється із сортового матеріалу (токарні, револьверні, автоматні роботи), то технолог у цьому випадку сам призначає профіль та розміри матеріалу за відповідним ГОСТом.

IV. Дані про обладнання для проєктованих процесів. Дані про обладнання можуть бути у вигляді паспортів верстатів, або у вигляді каталожних відомостей, інструкцій з налагодження обладнання, технічних описів і т.п.

Найбільш повні дані, необхідні для проектування технологічного процесу обробки деталі, є в паспортах верстатів. Проте паспорти складаються лише для устаткування (верстати) широкого призначення. Для спеціальних верстатів заводи, що їх виготовляють, надсилають разом із верстатом креслення верстата, його опис та карти налагодження верстата на обробку тієї деталі, на яку верстат призначений.

Крім основних вихідних даних, перерахованих вище, при розробці технологічних процесів механічної обробки технологу необхідно мати:

- альбоми креслень нормалей та стандарти на інструмент і пристрої;
- нормативи на режими різання, довідники з нормування та інші довідкові матеріали;
- типові технологічні процеси обробки виробів.

5.3 Принципові основи проектування технологічних процесів

5.3.1 Вихідні умови, яким має задовольняти технологічний процес

Існуючий або проєктований технологічний процес повинен базуватися на наступному вихідному положенні: технологічний процес при заданій виробничій обстановці та масштабі виробництва повинен забезпечити надійне здійснення всіх вимог робочого креслення за найменшої вартості процесу. Це вихідне положення складається з двох важливих умов.

1. Технологічна умова. Проєктований технологічний процес при заданій виробничій обстановці та масштабі виробництва повинен забезпечувати надійне виконання всіх вимог робочого креслення та технічних умов.

Проєктований технологічний процес повинен не тільки забезпечувати цю вимогу, але й забезпечувати її надійно. Це означає, що процес має бути таким, щоб результати обробки чи складання наскільки можна було зумовлені не мистецтвом робітника, а досконалістю обладнання й оснащення (приспосовування, інструмент), і були стабільні, тобто по можливості менше були схильні до випадковостей, які призводять до появи браку. Відсутність браку — це факт, який говорить про те, що технологічний процес повністю задовольняє цю умову.

2. Економічна умова. Проєктований технологічний процес має бути найбільш економічним (вигідним), тобто повинен мати найменшу вартість його здійснення. Іншими словами, технологічний процес повинен забезпечувати виконання технологічної умови при мінімальних витратах як живої, так і уречевленої праці.

Внаслідок великої різноманітності типів верстатів та способів обробки деталей при проєктуванні технологічного процесу завжди можна намітити два або більше варіантів. Ці варіанти можуть задовольняти технологічну умову, проте економічність їх може бути різною. Отже необхідно вибирати найбільш вигідний варіант. Для цього слід розрахувати вартість обробки за кожним варіантом та зіставити їх між собою.

При порівнянні кількох варіантів технологічного процесу

найбільш вигідним буде той, який надійно забезпечує всі вимоги креслення та технічних умов і водночас:

- забезпечує найменшу собівартість виготовлення;
- забезпечує найменшу трудомісткість виготовлення;
- забезпечує найменшу витрату матеріалу;
- вимагає найменшої кількості робітників для випуску виробів за заданою програмою;
- потребує найменшої кількості обладнання;
- потребує найменшої виробничої площі.

З викладеного вище випливає, що найбільш доцільним процесом при заданих конкретних умовах і масштабі виробництва буде такий технологічний процес, який дає надійне та повне вирішення поставленої задачі з технічного боку і до того ж найбільш економічний. Слід особливо наголосити на важливості економічних розрахунків та економічної оцінки технологічних процесів. Увага до цієї справи з боку працівників виробництва, на жаль, недостатня.

Тому підсумовуючи сказане, можна впевнено стверджувати що забезпечення високої економічної ефективності та рентабельності технологічних процесів є дуже важливим завданням.

5.3.2 Масштаб виробництва та його вплив на виробничий процес

Технологія дуже впливає на організацію виробництва. Тільки заміна старого технологічного процесу новим вже може докорінно вплинути на організацію виробництва. Неправильні розрахунки технологічних процесів виготовлення окремих деталей, роблять неправильними і розрахунки, пов'язані з організацією виробничого процесу цеху. І навпаки, організація виробництва дуже сильно впливає на технологію. Ігнорування чинників організації виробництва робить технологічний процес нежиттєвим, або взагалі нереальним.

Доцільним може бути визнаний тільки той технологічний процес, який узгоджений з організаційною формою виробництва та з усіма процесами, що обслуговують це виробництво.

Отже розглянемо *найголовніші напрями, якими організація впливає на технологію*. Слід пам'ятати що потреба у výroбах різного роду різна. Одні вироби доводиться виготовляти одиницями (обладнання металургійних заводів, важкі унікальні верстати), інші

випускаються партіями або серіями (телові та гідравлічні турбіни, локомотиви), треті виробляються у великих кількостях протягом ряду років (автомобілі, трактори, сільськогосподарські машин, підшипники кочення та ін.). Відповідно до цього розрізняють такі **типи виробництва**: індивідуальне або одиничне, серійне і масове.

Одиничним виробництвом називають таке, при якому вироби виготовляються в невеликій кількості екземплярів, причому повторення випуску цих виробів, як правило, не передбачається.

Серійним виробництвом називають таке виробництво, у якому вироби виготовляються партіями чи серіями. Залежно від величини партій або серій, а також від того, наскільки часто і закономірно (періодично) відбувається їх чергування, розрізняють виробництво дрібносерійне, середньосерійне і крупносерійне. Перше наближається до одиничного, а друге до масового виробництва.

Таким чином, серійне виробництво характеризується виготовленням виробів партіями або серіями. Великою серії називається загальна кількість виробів (машин, деталей або заготовок), що підлягає виготовленню за незмінним кресленням.

Партія – це певна кількість заготовок або деталей, що одночасно надходять для обробки на одне робоче місце.

Масовим виробництвом називається таке, при якому вироби виготовляються у великих кількостях і до того ж безперервно протягом значного проміжку часу.

У табл. 5.1 наведено докладну характеристику трьох типів виробництва.

По наведеним вище визначенням трьох типів виробництв слід зробити кілька зауважень.

1. Розподіл виробництва на три типи є дещо умовним. У кожному з трьох типів можна знайти елементи двох інших. Наприклад, на машинобудівному заводі масового виробництва ми знайдемо ремонтно–механічний цех з одиничним виробництвом, інструментальний та інші цехи серійного виробництва.

2. При визначенні типу виробництва даних виробів треба враховувати не тільки кількість виробів, задану за програмою, але і їх трудомісткість. Так, наприклад, може виявитися, що велика кількість невеликих за розмірами деталей, що виготовляються на сучасних високопродуктивних багатопшпіндельних автоматах, є невеликою по суті, серією або партією.

Таблиця 5.1 – Характеристика різних типів виробництва

№ п/п	Елементи характеристики	Одиничне	Серійне	Масове
1	Кількість виробів, що виготовляються	Обраховується одиницями	Залежно від виду виробів та їх серійності може бути різним	Кількість виробів, що випускаються в рік від декількох сотень штук (великі, складні вироби) до декількох мільйонів (окремі деталі, підшипники кочення та.ін.)
2	Повторюваність виробів	Заздалегідь обумовлена повторюваність виготовлення виробів, як правило, відсутня	Вироби періодично запускаються у виробництво партіями або серіями	Безперервне знаходження цих виробів у виробництві протягом значного проміжку часу
3	Обладнання	Широкого або загального призначення (універсальне)	Універсальне та спеціалізоване	Широке застосування спеціалізованих верстатів, у ряді випадків об'єднаних, згрупованих в автоматичні верстатні лінії
4	Завантаження обладнання	Завантаження верстатів різними, але подібними за конфігурацією деталями	Верстати завантажені обробкою партій деталей подібних типів	Безперервне завантаження верстатів одними і тими ж деталями
5	Розстановка обладнання цеху	Розстановка верстатів групами за типами та розмірами	Розстановка верстатів з урахуванням характерних напрямків вантажопотоків. Розстановка верстатів по спеціалізованих ділянках з урахуванням закінченого технологічного циклу обробки деталей, а також з урахуванням вантажопотоків	Розстановка верстатів і верстатних ліній по коду технологічного процесу з метою мінімальної протяжності вантажопотоків
6	Застосовувані заготовки	Величкі, виготовлені за дерев'яними моделями переважно ручним формуванням. Поковки, виготовлені вільним куванням і напівштампуванням	Широке застосування машинного формування за металевими моделями. Поковки, виготовлені різними видами штампування	Широке застосування високопродуктивних методів точного лиття, точного об'ємного штампування та інших спеціальних методів отримання заготовок

Продовження табл. 5.1

№ п/п	Елементи характеристики	Одичинче	Серійне	Масове
7	Пристосування та інструмент	Широке застосування нормалізованих пристосувань та інструменту широкого, загального призначення. Застосування спеціальних пристосувань та спеціального інструменту лише у випадках крайньої необхідності, за неможливості виконання робіт без них	Широке застосування спеціальних пристосувань та спеціального інструменту	Складні спеціальні пристосування та інструмент з автоматичними пристроями. Пристосування органічно пов'язані зі верстатами
8	Операція розмітки	Широке застосування розмітки заготовок перед їх обробкою	Часткове застосування розмітки	Розмітка заготовок відсутня
9	Метод забезпечення необхідних розмірів деталей при обробці	Робота по промірах, метод пробних проходів. Робота на нашітованих верстатах застосовується в поодиноких випадках	Робота на нашітованих верстатах	Застосування складних нашітованих верстатів та їх автоматизація
10	Взаємозамінність виробів	Обмежене, як правило, застосування принципу взаємозамінності. Обов'язкова наявність взаємозамінності по зубчастих передачах, посадкових місць під підшипники кочення, кріпильні деталі та інші елементи конструкцій. Широке застосування пригонних робіт	Широке застосування взаємозамінності при збереженні деяких пригонних робіт	Повна взаємозамінність при допущенні в деяких випадках похибок деталей з метою підвищення точності складання. Пригонні роботи відсутні
11	Кваліфікація робітників	Робочі верстатники у високій кваліфікації	Робочі різної кваліфікації, у тому числі частина налаштовуючів верстатів високої кваліфікації	Робочі верстатники невисокої кваліфікації за наявності налаштовуючів високої кваліфікації
12	Метод складання виробів	Складання виробів проводиться на нерухомих стендах бригадою збирачів, до складу якої входять робітники різної кваліфікації	Складання розділено на вузлове і загальне і проводиться на нерухомих стендах або конвеєрах робітними збирачами, кваліфікація яких на кожній операції відповідає складності роботи	Складання розділене на вузлове і загальне, проводиться на нерухомих стендах (конвеєрах) робітними збирачами, з кваліфікацією відповідно складності виконуваних складальних робіт.

Продовження табл. 5.1

№ п/п	Елементи характеристики	Одиничне	Серійне	Масове
13	Розробка технологічних процесів	Розробка технологічних процесів, як правило, за найбільш простими формами (маршрутні карти). Для великих відповідальних деталей поопераційна розробка технологічного процесу із зазначенням типів та номерів верстатів	Розробка технологічного процесу для кожної деталі зі складанням технологічних карт на кожну деталь. У карті вказується тип верстага, пристосування та інструмент, режими для кожної операції	Спеціальні складальні автомати та автоматизовані складальні потокові лінії для складання найбільш масових вузлів та виробів.
14	Нормування операцій	В основному укрупнене статистичне нормування. Широке застосування графіків та номограм для сумарного нормування по деталях різних типів. Для великих і трудомістких деталей – поопераційне з урахуванням режимів різання, потужностей і особливостей верстатів	Технічне нормування по операціях для всіх деталей, що виготовляються. Технічне нормування складальних операцій	Детальне нормування всіх операцій виготовлення деталей складання. Хронометражне обстеження операцій, як з метою коригування, так і з метою накопичення матеріалів та створення нормативів часу щодо елементів операцій

3. Порівняння трьох типів виробництва (табл. 5.1) призводить до висновку, що масове виробництво має більш досконалу технологію, ніж серійне, серійне – більш досконалу, ніж одиничне. При переході від одиничного виробництва до серійного та від серійного до масового трудомісткість та собівартість виробів зазвичай різко падає.

Внаслідок високої ефективності та вищої досконалості технологія масового виробництва поступово впроваджується в серійне. Однак при цьому не слід сліпо копіювати методи масового виробництва і переносити їх у серійне. Відсутність критичного підходу до цієї справи не приносить успіху.

Крім того, слід пам'ятати, що велика кількість різноманітних галузей машинобудування відноситься не до масового, а серійного виробництва, тому не слід забувати особливостей організації виробничого процесу та технології серійного виробництва.

Для кожного виду виробництв характерні різні форми організації роботи.

1. За видами обладнання (одиничне та дрібносерійне виробництво).

2. Предметна (серійне виробництво). Верстати розміщуються в послідовності виконання технологічних операцій для типових деталей, що вимагають однакового порядку обробки. Деталі на верстатах обробляються партіями.

3. Предметно–потокова (серійне виробництво).

Верстати розташовуються по ходу технологічного процесу, і при обробці різних деталей потрібне переналадження обладнання при запуску у виробництво нової деталі (наприклад ділянка обробки валів, ділянка обробки зубчастих коліс, ділянка обробки корпусних деталей тощо). Деталі обробляються також партіями.

4. Поточна автоматична лінія.

Верстати розташовуються по ходу технологічного процесу, виготовлення деталі (масове виробництво). Переналадження обладнання не здійснюється.

Характеристикою типу виробництва є **коефіцієнт закріплення операцій**:

$$K_{30} = \frac{O}{P}, \quad (5.3)$$

де O – число всіх видів операцій;
 P – число робочих місць.

Для масового виробництва $K_{30} = 1$.

Для великосерійного виробництва $1 \leq K_{30} \leq 10$.

Для середньосерійного виробництва $10 < K_{30} \leq 20$.

Для дрібносерійного виробництва $20 < K_{30} \leq 40$.

Для одиничного виробництва $K_{30} > 40$.

5.3.3 Визначення кількості деталей у партії при серійному виробництві

При серійному виробництві доводиться визначати розмір партії деталей, які одночасно запускаються у виробництво. Від кількості деталей у партії залежить характер технологічного процесу, що застосовується для її виготовлення. Чим менша кількість деталей у партії, тим простіші засоби виробництва повинні застосовуватися. Межі застосування різних методів обробки партій деталей визначаються наступним чином.

Час, який витрачається на одну деталь, під час обробки партіями у серійному виробництві:

$$t_k = t_{\text{ш}} + t_{\text{п.з}}/n, \quad (5.4)$$

де t_k – повний (калькуляційний) час, що витрачається на обробку деталі на даній операції;

$t_{\text{ш}}$ – штучний час, тобто час, що витрачається безпосередньо на обробку однієї деталі;

$t_{\text{п.з}}$ – підготовчо–заклучний час, тобто час що витрачається на настроювання верстата перед обробкою партії, установку пристосування, регулювання ріжучого інструменту на необхідні розміри (підготовчий час), на здачу обробленої партії деталей і переведення верстата у вихідний стан (заклучний час);

n – кількість деталей у партії.

Рівняння (5.4) на графіку відобразиться у вигляді кривої. На рис. 5.11 представлені три криві A , B , C , що відповідають трьом різним способам обробки партії деталей:

при першому способі $t'_k = t'_{ш} + t'_{п.3}/n$ – крива A ;

при другому способі $t''_k = t''_{ш} + t''_{п.3}/n$ – крива B ;

При другому способі $t'''_k = t'''_{ш} + t'''_{п.3}/n$ – крива C .

Порівнюючи за допомогою цих формул різні способи обробки, можна знайти точки перетину кривих A , B та C .

Для точки перетину D , калькуляційний час при першому та другому способах однаковий і дорівнює t_k , тому в цій точці:

$$t'_{ш} + t'_{п.3}/n_1 = t''_{ш} + t''_{п.3}/n_1. \quad (5.5)$$

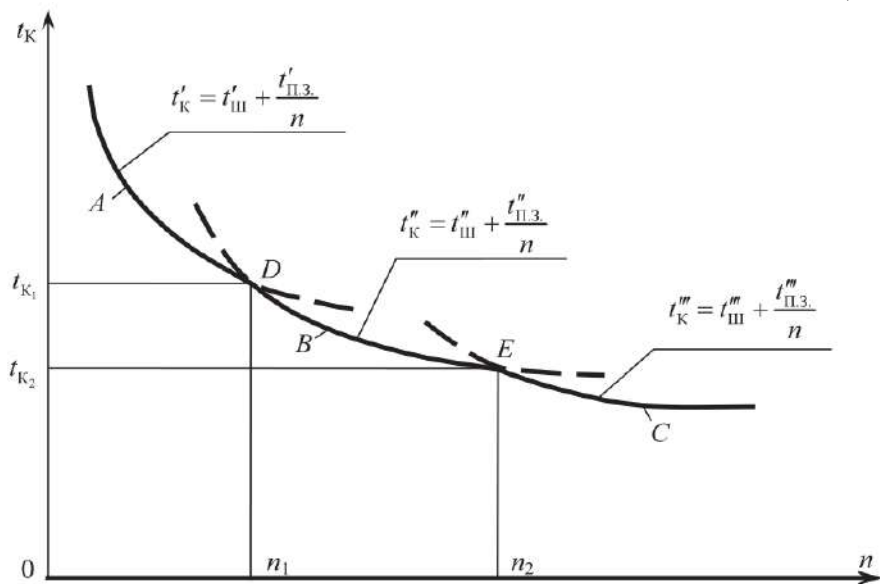


Рисунок 5.11 – Залежність часу обробки від розміру партії

І, отже, отримуємо:

$$n_1 = \frac{t''_{п.3} - t'_{п.3}}{t'_{ш} - t''_{ш}}. \quad (5.6)$$

Розмірковуючи аналогічним чином, отримаємо у точці E :

$$n_2 = \frac{t'''_{п.3} - t''_{п.3}}{t''_{ш} - t'''_{ш}}. \quad (5.7)$$

Звідси випливає, що кількість деталей у партії, при якій перехід на більш складний технологічний процес стає доцільним, визначається відношенням збільшення витрати підготовчо-заклучного часу до економії на штучному часі обробки.

Якщо кількість деталей партії $n < n_1$ (менша ніж при першому способі), то ефективнішим буде перший спосіб обробки; при $n_2 > n > n_1$, ефективніший другий спосіб; при $n > n_2$ – третій.

Чим більша кількість деталей у партії, тим досконаліший спосіб обробки можна застосовувати, витрати калькуляційного часу при цьому будуть мінімальними, проте прагнення до збільшення кількості деталей у партії має свої межі.

Найголовнішими факторами, що змушують обмежувати розміри партій, є витрати пов'язані зі зберіганням готових деталей, а головне — заборгованість оборотних коштів (розміри незавершеного виробництва).

Існують різні способи визначення величини партій деталей. Наведемо деякі з них, що застосовуються здебільшого на практиці.

Перший спосіб. Полягає у зіставленні штучного часу та підготовчо-заклучного.

На кожен деталь частка підготовчо-заклучного часу становить $t_{п.з}/n$. Позначимо цю величину через α і, висловивши у відсотках від штучного часу, отримаємо:

$$\alpha = \frac{t_{п.з}}{nt_{ш}} 100, \quad \text{тоді} \quad n = \frac{t_{п.з}}{\alpha t_{ш}} 100. \quad (5.8)$$

При розрахунках розміру партії за цією формулою значення α вибирається на основі дослідних даних:

1) при роботі на верстатах, що не потребують налаштування, $\alpha < 5\%$;

2) при використанні сучасного високопродуктивного обладнання для дрібносерійного виробництва α приймається в межах 10...30%;

3) під час використання сучасного високопродуктивного устаткування великосерійного виробництва $\alpha = 5 \dots 10\%$.

Ці дані мають широкі межі і мають розглядатися як орієнтовні. Величина α , що встановлюється дослідним шляхом, повинна

визначатися диференційовано в залежності від обладнання, на якому виконується дана операція, від складності налаштування верстата та масштабу виробництва.

Наприклад, та сама робота може бути виконана з більшою продуктивністю на револьверному верстаті і з меншою на токарному. На револьверному верстаті внаслідок більш тривалого налаштування величина $\alpha = 6...7\%$, але в токарному $\alpha = 2...3\%$.

Різні роботи з налаштування на револьверному верстаті можуть вимагати різної витрати часу $t_{п.з}$, і, отже, величина α буде різною. Так, при встановленні двох або трьох інструментів $t_{п.з} = 25... 30$ хв і $\alpha = 3...4\%$, на тому ж верстаті складне налаштування з установкою 9–10 інструментів може вимагати 2...3 год, при цьому $\alpha = 10...12\%$.

Різним масштабам виробництва, за інших рівних умов, відповідають різні величини α . Так, наприклад, якщо за певного масштабу виробництва завантаження револьверного верстата однією роботою має тривати не менше однієї зміни, то при $t_{п.з} = 30$ хв та $\alpha = 7\%$. Однак, якщо збільшити випуск виробів вдвічі, то і завантаження револьверного верстата однією роботою також збільшиться і в середньому становитиме дві зміни, α знизиться до $\alpha = 3...4\%$.

При виборі величини α слід враховувати інші особливості технології виробництва. Практика машинобудівних заводів показує, що застосування методу групової технології значно скорочує витрати попереднього часу. Можливість працювати економічно малими партіями в умовах дрібносерійного виробництва – одна з переваг методу групової технології.

Якщо на верстаті обробляються партіями кілька деталей різних найменувань, що входять в один і той же виріб, в кількостях m_1, m_2, m_3 і так далі, то кількість деталей в партії складатиме:

$$n = \frac{\sum t_{п.з}}{\alpha \sum (t_{ши} m_i)} 100, \quad (5.9)$$

причому сумування поширюється на всі деталі, прикріплені до даного верстата. Отримане за цією формулою значення n відповідає кількості комплектів деталей, що відносяться до цього виробу.

Недоліком цього методу визначення величини партії деталей є недостатня обґрунтованість величини α . Як було вище зазначено для тих самих умов обробки, ця величина може коливатися в досить

широких межах.

Другий спосіб. Розрахунок величини партії деталей проводиться за кількістю днів запасу деталей, що забезпечує безперебійність складання виробів.

Введемо наступні позначення: W_i – заданий річний випуск деталей, шт.; F – число робочих днів на рік; f – число днів запасу деталей, яке забезпечує безперебійність складання виробів. Тоді кількість деталей в партії складатиме:

$$n = W_i f / F. \quad (5.10)$$

Зазвичай приймають f : для великосерійного виробництва від 4 до 6 днів, для дрібносерійного від 8 до 12 днів.

Приклад 1. Потрібно визначити кількість деталей партії за першим методом. Обробка деталей проводиться на багаторізцевому токарному напівавтоматі. За верстатом закріплені наступні деталі (табл. 5.2). Виробництво великосерійне.

Таблиця 5.2 – До розрахунку величини партії деталей

Номер деталі	Кількість деталей на 1 машину	Час, хв	
		штучне $t_{ш}$	підготовче $t_{п.з.}$
1	1	0,50	60
2	1	0,40	100
3	3	0,30	120
4	2	0,25	80
5	4	0,35	70

Вибираємо значення $\alpha = 8\%$ та визначаємо n за формулою (5.9):

$$n = \frac{60 + 70 + 120 + 80 + 70}{8(0,5 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 0,3 \cdot 3 + 0,25 \cdot 2 + 0,35 \cdot 4)} = 1460$$

Відповідь: 1460 комплектів.

Приклад 2. Потрібно визначити величину партії за другим методом за таких умов: $W = 30\,000$ шт./рік, виробництво

великосерійне.

Приймаємо число днів запасу $f = 6$ днів. Число робочих днів на рік 250 і, отже, за формулою (5.10) отримуємо кількість деталей в партії:

$$n = 30\,000 \cdot 6 / 250 \approx 720 \text{ шт.}$$

Аналіз роботи цехів серійного виробництва ряду заводів показує, що найчастіше (до 90 %) партія запуску дорівнює місячному завданню. Для великогабаритних деталей, за відсутності необхідних площ їхнього зберігання, приймаються також партії, рівні половині місячного завдання, а деяких випадках — його чверті.

Як показують практичні дані, обробка деталей місячними партіями, крім економічної доцільності, забезпечує більш повний коефіцієнт використання обладнання, ніж при роботі партіями, розрахованими за формулою оптимального співвідношення між підготовчо–заключним і штучним часом.

5.3.4 Поточне виробництво та особливості його технологічних процесів

З погляду організації виробництва розрізняють два методи виробництва: поточне та непоточне.

Непоточним виробництвом називається таке, при якому виготовлення деталей ведеться партіями; на кожній операції застосовуване при цьому обладнання, розставляється групами без певного зв'язку з послідовністю виконання операцій, складання виробу ведеться на стаціонарному (нерухомому) пристосуванні однією бригадою збирачів.

Поточним називається виробництво, при якому операції обробки (або складання машини) закріплені за певним обладнанням або робочими місцями; обладнання або робочі місця розташовані в порядку виконання операцій, а оброблювана заготовка або виріб, що збирається, передається з однієї операції на наступну після виконання попередньої операції, як правило, за допомогою спеціальних транспортних пристроїв (безперервне поточне виробництво).

Переваги організаційно–технічного характеру безперервно–поточного виробництва змушують прагнути до можливого широкого

впровадження поточного методу. Переваги при цьому наступні:

- організація виробництва отримує більшу стрункість;
- виробництво отримує наочність – причини неполадок виявляються відразу на місці, там де вони виникли;
- виробнича документація спрощується;
- скорочується протяжність вантажопотоків;
- деталі ніде не пролежують (що неминуче при обробці партіями), внаслідок чого тривалість виробництва різко скорочується, оборотність оборотних засобів збільшується.

При розрахунках потокового виробництва та проектуванні для нього технологічних процесів, має значення режим (такт) роботи потокової лінії.

Такт випуску готової продукції – це середній проміжок часу між виходом двох готових виробів:

$$r = F_g / W_i, \quad (5.11)$$

де F_g – річний дійсний фонд роботи, год (години) або хв;

W_i – річна програма з випуску даних деталей у штуках (шт.).

При восьмигодинному робочому дні річний дійсний фонд часу, (год), визначиться таким чином:

$$F_g = 250 \cdot 8 m k, \quad (5.12)$$

де m – кількість робочих змін протягом доби (зазвичай $m = 2$);

k – коефіцієнт, що враховує втрати внаслідок неминучих простоїв $k = 0,95 \dots 0,98$.

Темп випуску – це середня кількість виробів, що випускаються в одиницю часу, є величиною, зворотною такту:

$$t_B = 1/r \quad (5.13)$$

$$t_B = W_i / F_g. \quad (5.14)$$

Вимоги, яким має задовольняти технологічний процес при масовому поточному ритмічному виробництві:

- технологічний процес обробки деталі має бути розчленований на операції;

- операції повинні виконуватися на певних робочих місцях (верстатах);
- верстати повинні бути встановлені в порядку виконання операцій по ходу технологічного процесу;
- тривалість операцій повинна дорівнювати (кратна) такту, тобто повинна бути проведена синхронізація операцій;
- за кожною операцією мають бути закріплені певні робітники – верстатники.

Поточне виробництво здійснюється:

- з подачею деталей простими транспортними пристроями (рольганги, похилі напрямні жолоби та ін.);
- з періодичною подачею деталей транспортними засобами з тяговими елементами (конвеєри, що переміщують деталь через певний проміжок часу);
- з безперервною подачею деталей транспортними засобами із тяговим елементом. Швидкість руху конвеєра повинна відповідати такту випуску виробів.

Умова безперервності потоку полягає в тому, що час виконання кожної операції має бути рівним або кратним такту роботи лінії. Очевидно, що час виконання кожної операції не повинен перевищувати величину такту, якщо на операції працює один верстат.

Якщо час виконання операції більше, ніж величина такту, то повинні працювати паралельно два або більше верстатів, при цьому тривалість операції може бути вдвічі більшою за такт.

Якщо час виконання операцій у потоці не збігається з тактом – то виходять або затримки у виробництві (якщо час операцій більший за такт), або простої обладнання (якщо час операції менший за такт).

Для того щоб цього не трапилося, необхідно провести ***синхронізацію операцій***. Процес узгодження тривалості операцій із тактом потокової лінії називається ***синхронізацією***. Умова синхронності може бути виражена в наступному вигляді:

$$\frac{t_{ш1}}{c_1} = \frac{t_{ш2}}{c_2} = \frac{t_{ш3}}{c_3} = \dots = \frac{t_{шm}}{c_m}, \quad (5.15)$$

де $t_{ш}$ – норма часу (штучний час) на операції, хв;
 c – число робочих місць (кількість верстатів) на операції.

При проектуванні технологічного процесу **синхронізація** може бути **здійснена такими шляхами:**

- переглядом технологічного процесу, зміною структури, змісту та методу виконання операцій;
- підбором відповідного обладнання, оснастки та інструменту;
- зміною режимів різання.

Остаточна синхронізація операцій досягається використанням організаційно–технічних заходів при налагодженні потокової лінії і включає в себе: застосування засобів малої механізації, форсування технологічних режимів, використання високопродуктивної оснастки, індивідуальний підбір робочих для перевантажених операцій, і навіть матеріальне стимулювання підвищення продуктивність праці на цих або інших операціях.

Застосування поточних методів у масовому та серійному виробництві, різний рівень механізації та автоматизації поточкових ліній зумовили появу їх різних різновидів. Можна відзначити такі різновиди поточкових ліній (рис. 5.12).

Ритмічні поточні лінії – це поточні лінії, на яких виготовлення виробів (обробка деталей) ведеться з дотриманням такту. Наприкінці лінії готові вироби з останньої операції виходять через проміжки рівні такту. Робота ритмічних поточкових ліній забезпечується рівністю чи кратністю тривалості операції такту.

Аритмічні поточні лінії. Виготовлення виробів на цих лініях проводиться без дотримання такту.

Ритмічні лінії можуть бути безперервні та перервні.

На **безперервних лініях** такт задається рухом конвеєра або транспортера, що переміщає заготовку, яка обробляється, від однієї операції до іншої. Оброблювані заготовки після обробки на одній операції надходять на наступну без запланованих перерв. Приклад такої лінії наведено на рис. 5.13 а. Безперервні поточні лінії з регламентованим тактом є найбільш досконалою формою організації поточної роботи.

На **перервних лініях** такт вільний, тобто не заданий рухом таких пристроїв. Синхронізація операцій неповна. Перервний потік на цих лініях будується таким чином, що між деякими операціями заздалегідь передбачаються перерви. Наприклад, на лінії працює високопродуктивний верстат, штучний час операції, що виконується на ньому, значно менший за такт.

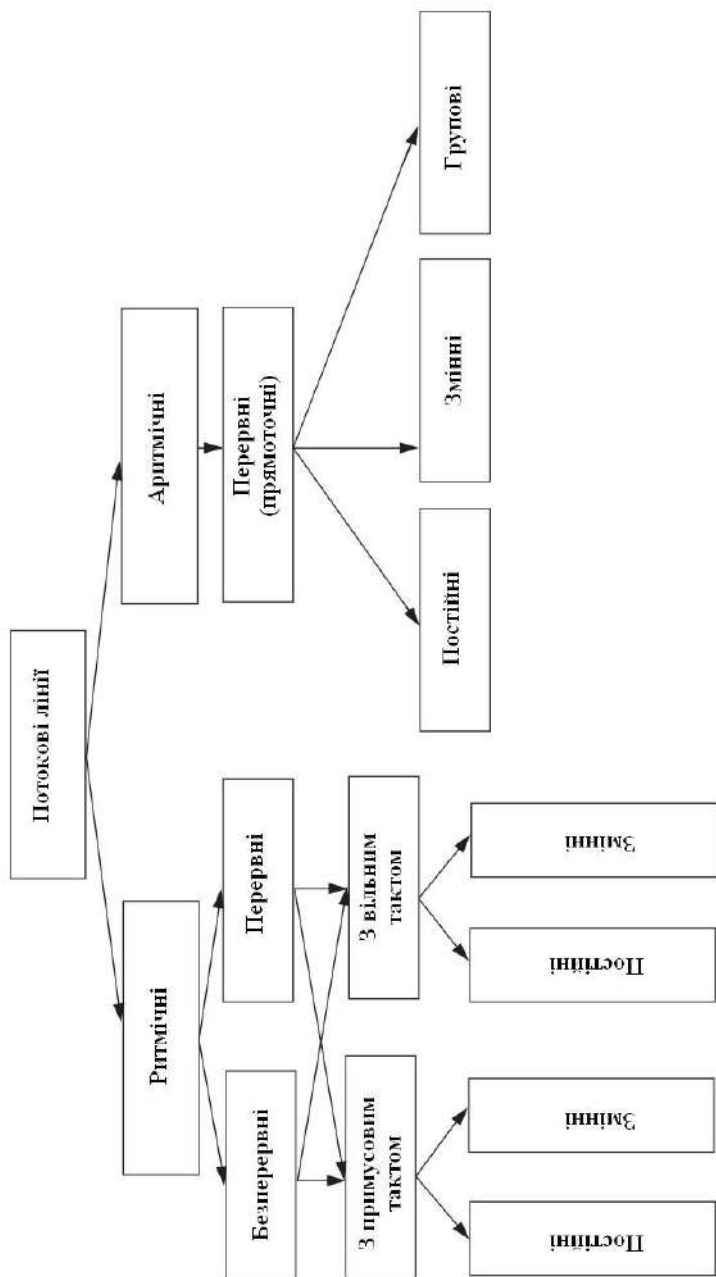
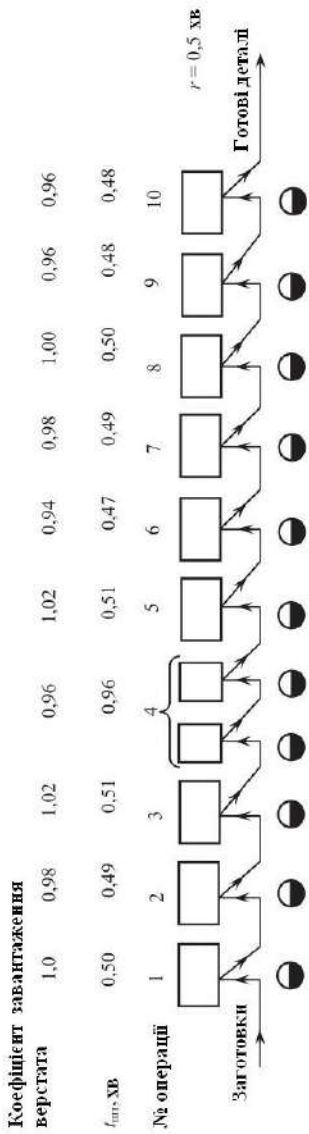
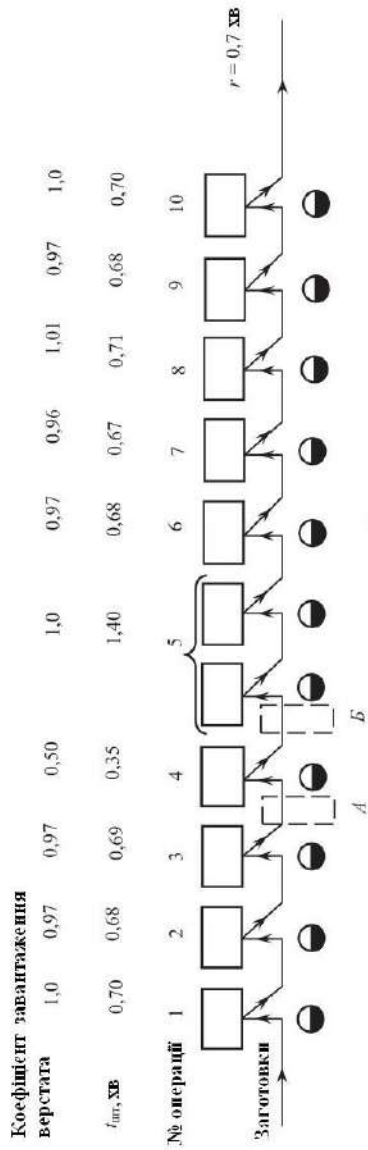


Рисунок 5.12 – Різновиди потокових ліній, що застосовуються у машинобудуванні



а)



б)

а – безперервна потокова лінія, б – переривчастий потік;
 А і Б — заділи деталей перед 4-ю та 5-ю операціями

Рисунок 5.13 – Схеми потокових ліній

Тому для забезпечення безперебійної роботи лінії в цьому випадку вже приходится мати певну кількість деталей, як перед цією операцією так і після неї. Приклад такої лінії показано на рис. 5.13, б.

Постійні поточні лінії характеризуються тим, що на лінії протягом тривалого проміжку часу виконується один і той самий технологічний процес (одні й ті самі процеси при груповому потоці).

Змінно–поточні лінії будуються таким чином, що на одній і тій самій лінії послідовно виконуються різні технологічні процеси обробки деталей різних найменувань, подібних між собою за конструктивними та технологічними ознаками. Ці технологічні процеси змінюються через певні проміжки часу. Для цього може знадобитися переналагодження всіх верстатів, як правило, здійснюване одночасно по всіх робочих місцях.

Змінно–поточні лінії застосовуються в серійному виробництві для обробки таких деталей, як вали, зубчасті колеса, шківни тощо.

Прості поточні лінії — такі, у яких одночасно обробляються деталі одного найменування.

Групові поточні лінії. На таких лініях одночасно обробляються кілька деталей різних найменувань, подібних між собою за конструктивними і технологічними ознаками, а також за габаритами. Обробка закріплених за лінією деталей зазвичай здійснюється без переналагодження обладнання.

При проектуванні технологічних процесів для змінно–поточних і групових ліній необхідно дотримуватися головної умови – деталі, закріплені за лінією, повинні бути подібними за конструкцією та технологією виготовлення. Габарити цих деталей повинні бути в межах, які допускаються налагодженнями верстатів на всіх операціях.

5.4 Концентрація та диференціація технологічних процесів

При проектуванні технологічного процесу обробки деталі виникає питання про кількість операцій, на які повинен бути розбитий технологічний процес. Число операцій для того самого процесу може бути різним залежно від характеру обладнання та організаційних умов кожного випадку. Технологічний процес може бути **концентрованим**, тобто містити велику кількість операцій, складних за структурою, і **диференційованим**, тобто містити в собі порівняно велику кількість

операцій простих за своєю структурою.

Концентрацією (укрупненням) операцій називається з'єднання кількох операцій в одну складнішу. **Диференціацією (роздробленням) операцій** називається розчленування операцій на кілька більш простих операцій. Таким чином, концентрація або диференціація як методи побудови відносяться як до окремих операцій, так і до технологічного процесу в цілому.

При концентрації операцій підвищуються вимоги до кожного верстата та його налагодження. Ускладнення може йти за рахунок підвищення кваліфікації робітника, або вдосконалення верстата та внесення до його конструкції елементів автоматизації.

На рис. 5.14 наведено диференційований технологічний процес обробки валу, а на рис. 5.15 ÷ 5.19 – приклади складних концентрованих операцій. Порівняння концентрованих і диференційованих технологічних процесів зроблено в табл. 5.3.

При концентрованих операціях обробка поверхонь деталі може проводитись:

- послідовно (рис. 5.16 а), продуктивність при цьому підвищується за рахунок скорочення витрат часу на встановлення, зняття деталі та заміну різальних інструментів;
- паралельно (рис. 5.16 б), тобто за рахунок застосування складних переходів, що скорочують час обробки і збільшують продуктивність;
- паралельно–послідовно (рис. 5.19), тобто за рахунок заміни установок позиціями та застосування позиційної обробки зі складними переходами на окремих позиціях. При цьому забезпечується найбільш висока продуктивність.

Незважаючи на те, що диференціація операцій, роблячи їх простими, полегшує постановку технології на заводі, є прагнення до концентрації операцій. Оскільки концентрація операцій полегшує планування виробничого процесу у зв'язку із зменшенням кількості операцій; знижує в кінцевому рахунку трудомісткість виготовлення і собівартість деталі; сприяє підвищенню точності обробки.

Також при цьому слід наголосити, що вдосконалення концентрованих операцій за допомогою застосування складних багатопозиційних, багатоінструментних, автоматизованих верстатів — це один із найпрогресивніших шляхів удосконалення технології обробки деталей у масовому та серійному виробництві.

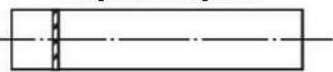
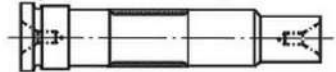
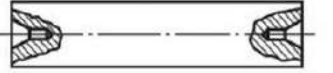
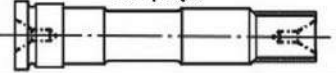
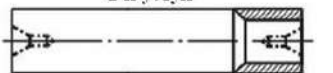
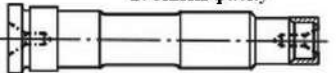
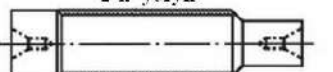
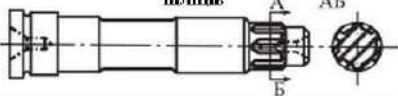
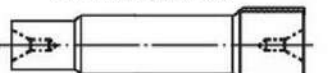
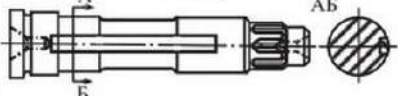
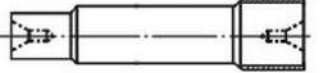
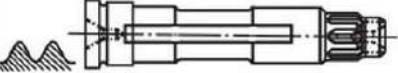
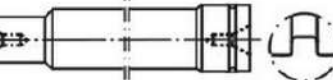
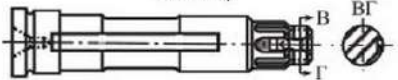
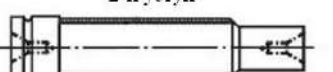
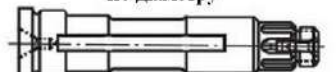


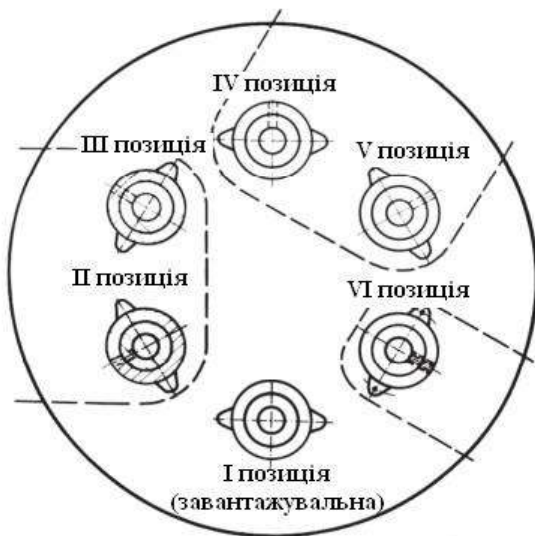
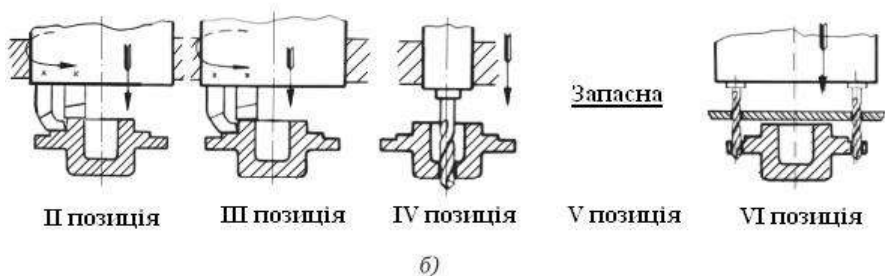
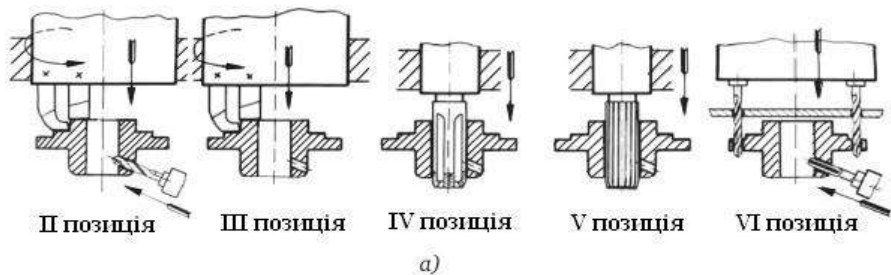
<p>Операція 1: відрізати</p> 	<p>Операція 10: вигнути заглиблення</p> 
<p>Операція 2: центрувати з двох боків</p> 	<p>Операція 11: остаточно обточити 1-й уступ</p> 
<p>Операція 3: попередньо обточити 1-й уступ</p> 	<p>Операція 12: 1. Обточити під різьбу 2. Зняти фаску</p> 
<p>Операція 4: попередньо обточити 2-й уступ</p> 	<p>Операція 13: фрезерувати шліфів</p> 
<p>Операція 5: попередньо обточити 3-й уступ</p> 	<p>Операція 14: фрезерувати шпонкову канавку</p> 
<p>Операція 6: остаточно обточити 3-й уступ</p> 	<p>Операція 15: нарізати різьбу</p> 
<p>Операція 7: вигнути канавку</p> 	<p>Операція 16: шліфувати шпонкову канавку</p> 
<p>Операція 8: остаточно обточити 2-й уступ</p> 	<p>Операція 17: шліфувати три уступи по діаметру</p> 
<p>Операція 9: остаточно обточити під шліфування</p> 	<p>Операція 18: притупити кромки шлівів Притупити</p> 

Рисунок 5.14 – Диференційований технологічний процес обробки вала



а - I варіант, б - II варіант, в - схема розташування моделей на верстаті

Рисунок 5.15 – Обробка деталі на шестипозиційному свердлильно-розточувальному верстаті

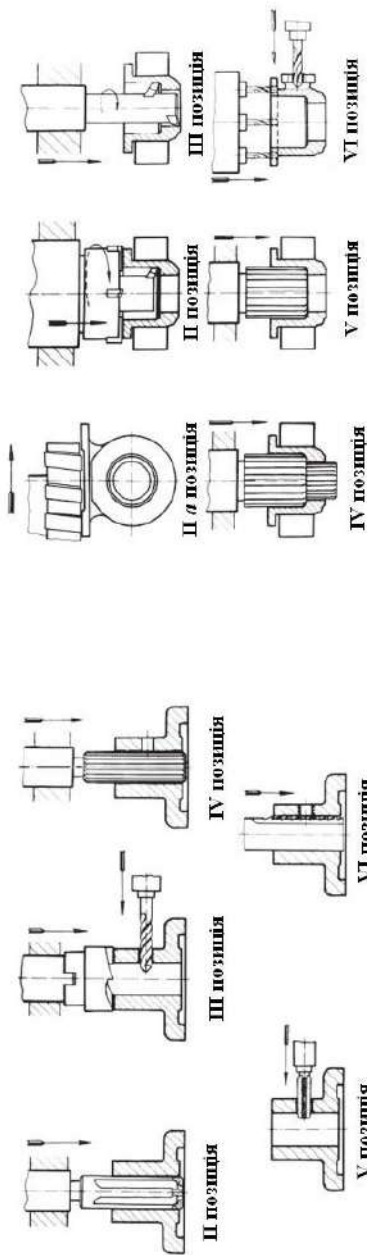


Схема розташування позицій на столі верстата

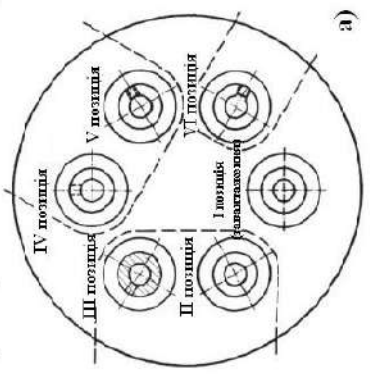
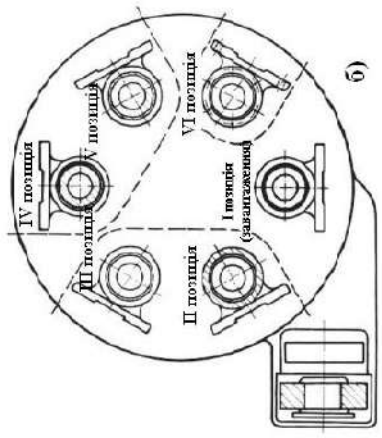


Схема розташування позицій на столі верстата



а – свердильно-протяжковому, б – фрезерно-свердильно-розточувальному

Рисунок 5.16 – Обробка деталі на шестипозиційному верстаті

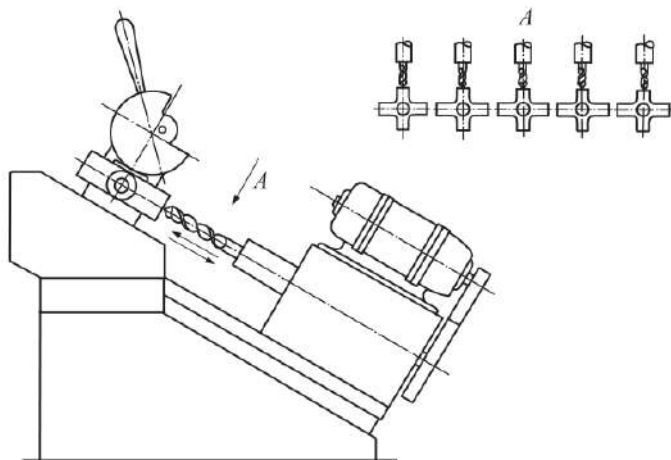


Рисунок 5.17 – Схема налагодження верстата ВА26 для свердління отворів у п'яти деталях

Таблиця 5.3 – Порівняння концентрованих та диференційованих технологічних процесів

Концентрований технологічний процес	Диференційований технологічний процес
1. Мала кількість операцій	1. Велика кількість операцій
2. Операції, складні за своєю структурою	2. Операції прості за структурою
3. Обладнання спеціальне або спеціалізоване при масовому та серійному виробництві, універсальне (широкого призначення) при одиничному та дрібносерійному виробництві	3. Обладнання просте за конструкцією і кінематикою
4. Налагодження верстатів на операціях складні, багатоінструментові	4. Налагодження верстатів на операціях нескладні, як правило – одноінструментальні
5. Похибки обробки деталі внаслідок малого числа установок достатньо малі	5. Похибки обробки збільшуються зі збільшенням числа операцій і установок
6. Кваліфікація робітників–верстатників невисока, за умов наявності висококваліфікованих наладчиків (масове та серійне виробництво). При одиничному та дрібносерійному виробництві потрібні робітники-верстатники високої кваліфікації	6. Внаслідок простоти налагоджень високої кваліфікації робітників-верстатників і налагоджувальників мати не потрібно

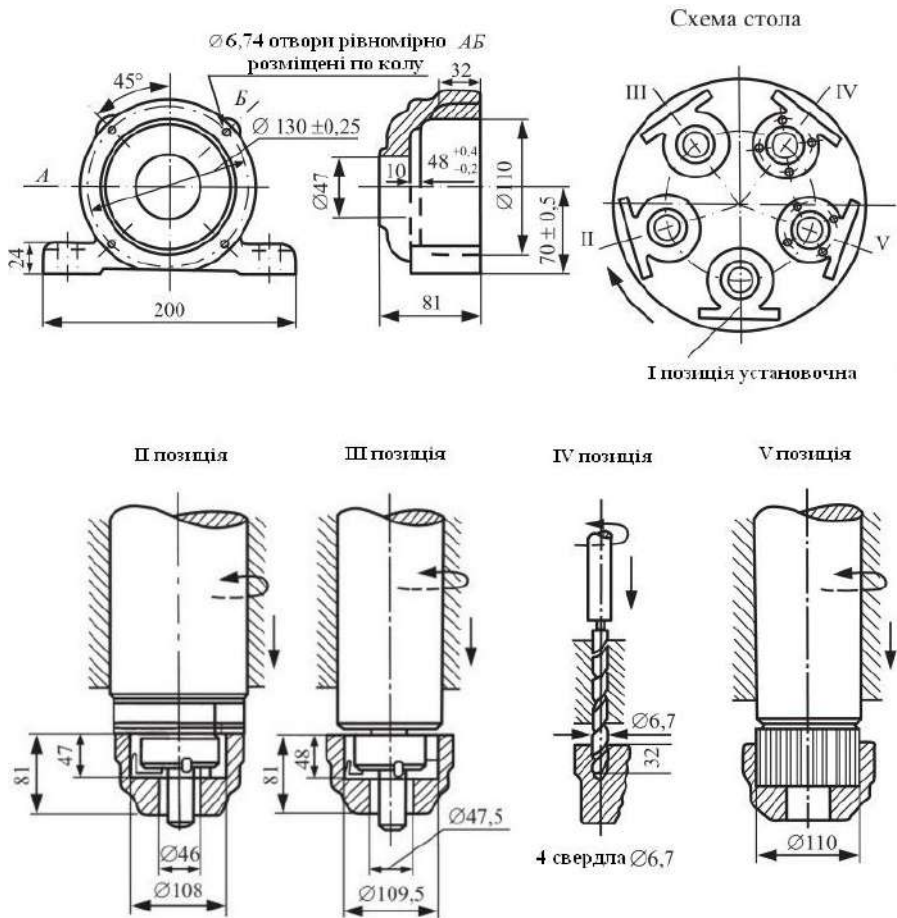
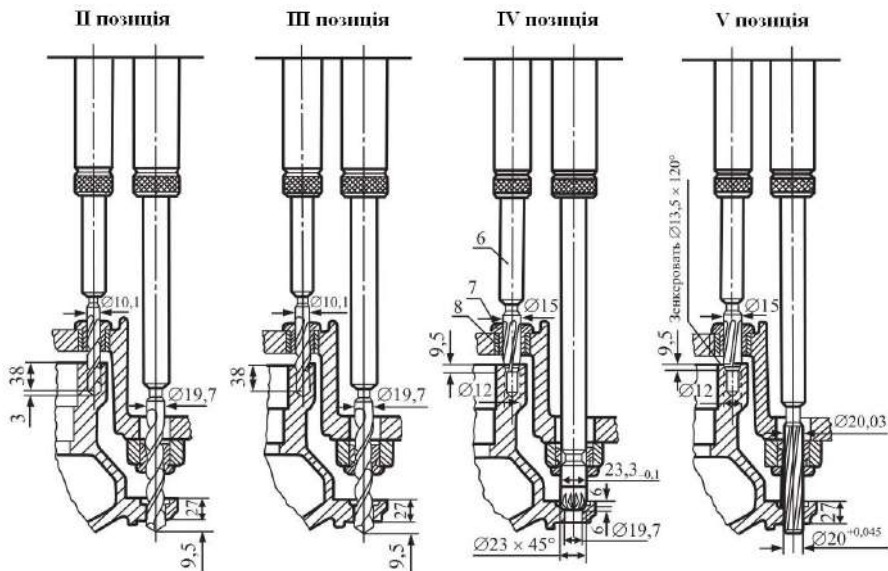


Рисунок 5.18 – Обробка корпусів підшипників на п'ятипозиційному вертикальному агрегатному верстаті

Диференційований технологічний процес може застосовуватися за наявності простих верстатів, а також за відсутності кваліфікованих робітників-верстатників та наладчиків. При нестабільності продукції слід також віддати перевагу диференційованого технологічного процесу, тому що в цьому випадку переналадження виробництва на новий вид виробу значно легше та простіше.

Отже розрізняють наступні **види концентрації операцій**.



II позиція – Отв. 9;10;12;14;16;17;19;21. $n = 485 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,08$.
Отв. 1; 3; 5; 7. $n = 268 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,15$.

III позиція – Отв. 11;13;15;18;20;22. $n = 485 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,08$.
Отв. 2; 4; 6; 8. $n = 268 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,15$.

IV позиція – Отв. 9;10;12;14;16;17;19;20;21. $n = 225 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,18$.
Отв. 1–8. $n = 200 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,2$.

V позиція – Отв. 11;13;15;18;20;22. $n = 225 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,18$.
Отв. 1–8. $n = 75 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,52$.

Рисунок 5.19 – Обробка отворів у маточині колеса комбайна на п'ятипозиційному вертикальному агрегатному верстаті

Концентрація організаційна, коли з'єднання кількох операцій робиться в такий спосіб, що сам метод обробки не зазнає жодних змін. Широко застосовується в одиничному та дрібносерійному виробництві при верстатній обробці деталей висококваліфікованими робітниками.

Концентрація механічна, коли передбачається заміна кількох установок позиціями або автоматизована зміна інструменту. Самі переходи при цьому органічно не поєднуються і зв'язок між ними встановлюється лише дією деяких механізмів. Приклади таких операцій наведено на рис. 5.15 та 5.16, а.

Концентрація технологічна, коли прості переходи об'єднуються у складні. Приклади наведено на рис. 5.18 та 5.19. Креслення деталі, оброблюваної на верстаті за командою, представленої на рис. 5.19, а сама схема розташування шпинделів на п'ятипозиційному вертикальному агрегатному верстаті наведена на рис. 5.20.

Концентрація операцій можлива за таких видів однорідної обробки:

- при токарній обробці кількох поверхонь заготовки. У цьому випадку заготовка повинна бути тілом обертання;
- при обробці отворів на багатошпиндельних верстатах;
- при фрезерній обробці на багатошпиндельних спеціалізованих фрезерних верстатах;
- при обробці на шліфувальних верстатах, що працюють кількома шліфувальними кругами.

Верстатобудівними заводами випускаються багатопозиційні агрегатні верстати, на окремих позиціях яких виробляються різні види обробки – токарна, фрезерна, свердлильна та інші. Є прагнення на таких верстатах розміщувати також позиції, де виробляється протягування деталі і навіть термічна обробка її струмами високої частоти. Таким чином, на сучасних багатопозиційних верстатах можлива концентрація різних видів обробки (рис. 5.16 а).

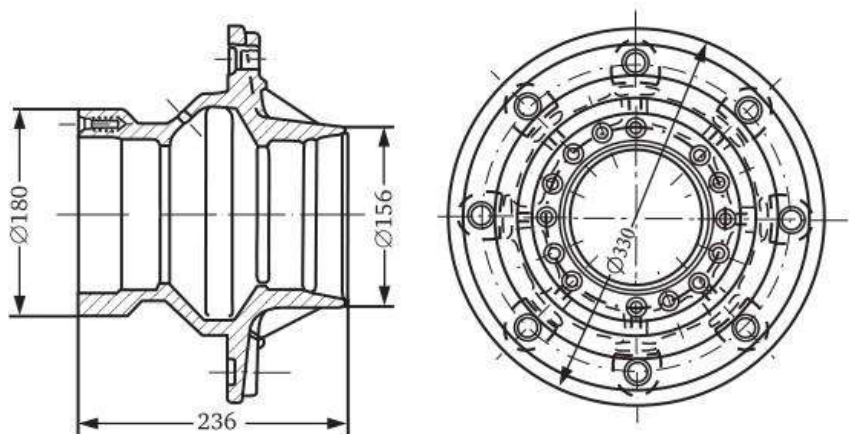
Оцінка ступеня концентрації технологічного процесу може бути визначена коефіцієнтом концентрації:

$$K_k = 1/n_0, \quad (5.16)$$

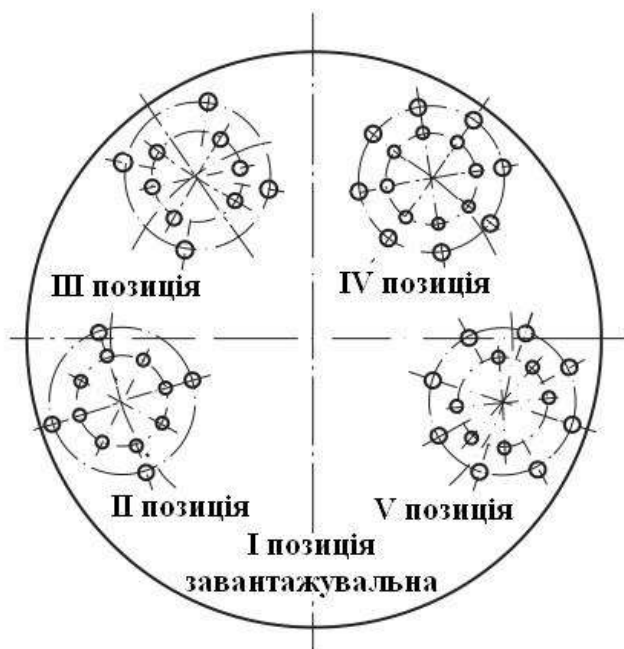
де K_k – коефіцієнт концентрації технологічного процесу;

n_0 — число операцій, що послідовно виконуються на різних верстатах, необхідних для повної обробки деталі.

Очевидно, що при проектуванні технологічних процесів механічної обробки потрібно прагнути, щоб цей коефіцієнт був як можливо ближчим до одиниці.



а)



б)

а – ескіз деталі, б – схема розташування шпindelів

Рисунок 5.20 – Обробка отворів у ступиці колеса на п'ятипозиційному вертикальному агрегатному верстаті

Однак чим складніша форма і вища точність оброблюваної деталі, тим важче вирішити це завдання. Тому в оцінці рівня концентрації технологічного процесу необхідно враховувати складність і точність деталі.

Для окремої технологічної операції показником її концентрації може бути коефіцієнт середньої концентрації:

$$K_{c.k} = m/n, \quad (5.17)$$

де m – загальна кількість інструментів, що беруть участь в обробці деталі на даній операції;

n – кількість переходів чи позицій.

На ступінь концентрації впливають такі фактори:

- серійність та пов'язаний з нею розмір партії деталей;
- розміри та вага оброблюваної заготовки;
- тривалість виробничого циклу.

Другий фактор має особливе значення для важкого машинобудування. За великих деталей бажано мати мінімальну кількість перестановок. Що ж до третього фактора, то слід мати на увазі, що при концентрованих операціях скорочується тривалість виробничого циклу, а отже зникає незавершене виробництво, завдяки тому що скорочується час міжопераційного пролежування деталей.

Зі збільшенням ступеня концентрації операцій, повинні бути вжиті заходи до збільшення надійності роботи верстата, пристосування, інструменту та інших елементів технологічної системи (завантажувальні бункери, контрольно–вимірювальні прилади, пристрої, що механізують та автоматизують саму операцію, тощо). При складних налагодженнях обладнання, низький рівень надійності роботи всіх її елементів, у тому числі й низька стійкість інструментів, можуть збільшити простої верстата, різко знизити продуктивність та ефективність таких налагоджувальних робіт.

5.5 Послідовність обробки

Цілі технологічного процесу обробки можна сформулювати наступним чином:

- видалення зайвого металу із заготовки;
- надання обробленим поверхням заданої точності форми та

розмірів, а також забезпечення їх правильного взаємного розташування;

- досягнення певної якості поверхонь деталей, зокрема шорсткості обробленої поверхні.

Ці цілі, в деяких випадках, можуть бути досягнуті одночасно, проте в багатьох випадках доводиться обробку даної поверхні вести в кілька ступенів. Відповідно до цього можна відзначити перший принцип побудови технологічного процесу – принцип розподілу технологічного процесу на стадії обробки.

При побудові за цим принципом технологічний процес складається із трьох стадій:

- 1) чорнова обробка, при якій знімається і перетворюється на стружку більша частина припуску;
- 2) чистова обробка, при якій в основному забезпечується задана точність;
- 3) обробна обробка, при якій забезпечується необхідна якість поверхні та остаточно – точність.

Схема розташування операцій технологічного процесу виділення стадій обробки представлена на рис. 5.21. Іноді таке суворе розмежування на стадії обробки за технологічними умовами неможливе, наприклад, чистова обробка найчастіше поєднується з обробною.

Виділення таких стадій обробки пояснюється наступними міркуваннями.

1. Зняття чорнових (обдирних) стружок супроводжується виникненням великих сил різання. Це викликає великі пружні деформації (іноді і залишкові) заготовки, а також пружні деформації верстата, пристосування та інструменту, внаслідок чого забезпечити високу точність обробки неможливо. Та й самими умовами чорнових операцій, тобто зняти з мінімальною витратою часу основну частину припуску взагалі не вимагається.

2. Видалення великої кількості металу із заготовки на чорнових операціях супроводжується виділенням значної кількості теплоти – заготовка нагрівається. Для того, щоб отримати точні розміри, температурні деформації заготовки повинні бути усунені. Заготовка повинна встигнути охолонути перед чистовою обробкою.

3. Усі поверхні заготовки спочатку треба обробити начорно, так як з видаленням припуску знімаються і внутрішні напруги, які в ній є.

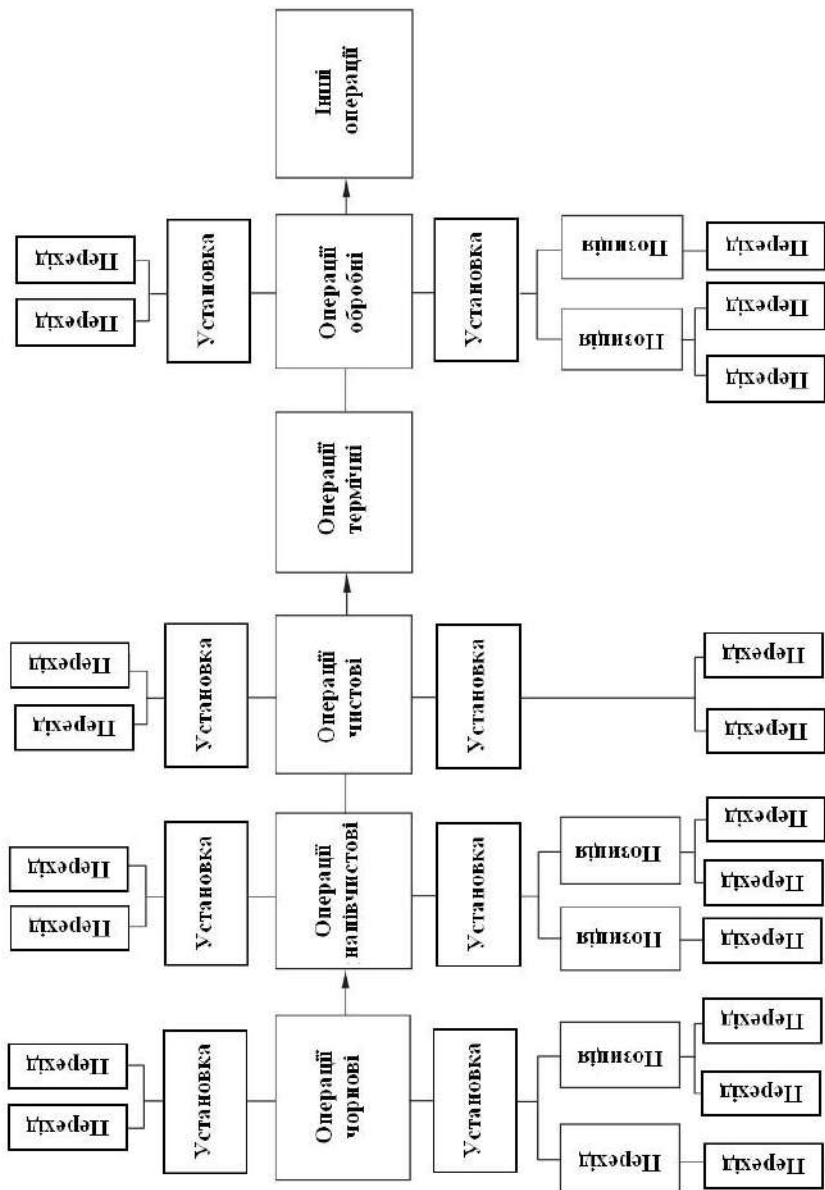


Рисунок 5.21 – Стадії технологічного процесу механічної обробки

Після обдирних чорнових операцій, з цієї причини заготовка може виявитися деформованою, що допустимо при чорновій обробці, але неприпустимо при чистовій. Тому не завжди можна поєднати чорнову операцію з чистовою. Саме тому доводиться вводити напівчистові операції, мета яких — усунути похибки форми внаслідок короблення заготовки перед чистовою обробкою.

4. Оброблювальні (рос. отделочные) операції слід розмішувати в кінці процесу, щоб не пошкодити остаточно оброблені поверхні на верстатах і при транспортуванні.

5. Розбивка технологічного процесу на стадії, дозволяє вибирати для кожної з них найбільш підходящі верстати: для чорнових операцій – потужні, але менш точні, для чистових операцій – більш легкі, але з більшою точністю. Виконувати чернові та чистові операції на тих самих верстатах не слід.

6. Для виконання чорнових операцій можуть бути використані робітники нижчої кваліфікації, ніж для чистових та обробних.

7. Відділення чистових та обробних операцій від чорнових дозволяє розбити цех на три ділянки: чорнкової, чистової та обробної обробки. Найбільша кількість стружки, що підлягає своєчасному видаленню є на ділянці чорнових операцій. Можливості забруднення на цій ділянці теж найбільші. Виділення таких ділянок та ізоляція чистової ділянки від обробної, та від чорнкової – зручно в тому відношенні, що дві найбільш відповідальні ділянки вільні від стружки, а умови роботи на них у зв'язку з цим покращуються.

Другий принцип побудови технологічного процесу – ***принцип виділення вирішальної операції***.

Плануючи чорнову обробку, бажано спочатку обробити ті поверхні, на яких зазвичай виявляється найбільша кількість браку. Операції, у яких обробляються ці поверхні, називаються вирішальними. При виділенні їх на початку технологічного процесу ми уникаємо безцільної обробки завідомо непридатних заготовок на наступних операціях і пов'язаних з цим втрат часу та коштів.

У ряді випадків доводиться робити відступ від викладених вище двох принципів побудови технологічних процесів.

Технологічний процес механічної обробки деталей, які піддаються термічній обробці (загартуванню та відпусканню), розбивається на дві частини – процес до і після термічної обробки.

Погіршення шорсткості поверхні внаслідок нагрівання деталі

при термічній обробці зазвичай вимагає повторної обробки деяких поверхонь, чим пояснюється такий поділ технологічного процесу на дві частини.

При встановленні послідовності обробки необхідно враховувати зручність установки заготовки на верстатах на всіх операціях. Поверхні, що служать настановними і визначають положення заготовки на будь-якій операції, повинні бути оброблені на попередніх операціях. Ця обставина іноді змушує відступати від викладених вище правил і деякі поверхні обробляти остаточно на самому початку процесу.

5.6 Загальні принципи технології обробки деталей

5.6.1 Розробка конструктивних форм деталі

Кожна машина створюється для задоволення тієї чи іншої потреби людини, тобто для виконання певної роботи. При цьому вона повинна мати певні експлуатаційні властивості. Наприклад, при створенні верстата для обробки деталей у вигляді тіл обертання слід мати на увазі, що верстат повинен забезпечувати обробку деталей певної форми і конструкції, з певними габаритними розмірами, з певних матеріалів з необхідною точністю та необхідною продуктивністю.

Машина, як і її механізми, виконує свої функції з допомогою низки поверхонь чи їх поєднань, які належать деталям машин. Такі поверхні чи їх поєднання називають **виконавчими поверхнями машини** чи її механізмів.

Приклади виконавчих поверхонь: поєднання поверхонь переднього кінця шпинделя, пінолі задньої бабки та різцетримач токарного верстата. Ці поверхні ми використовуємо при виконанні робіт на верстаті. Виконавчими поверхнями гідротурбіни, що перетворює енергію падаючої води в механічну енергію, служать робочі поверхні направляючого апарату та лопаток робочого колеса.

Виконавчими поверхнями гідротурбіни як двигуна є поєднання поверхонь фланця валу турбіни, за допомогою яких передається енергія валу електричного генератора, розташованого на одній осі з валом турбіни.

Процес конструювання машини чи деталі в загальному вигляді

можна представити як комплекс робіт, виконуваних у наступній послідовності.

1. Після виявлення та формулювання вимог до експлуатаційних властивостей машини вибираються її виконавчі поверхні, або поєднання таких поверхонь належної форми і розмірів (робочі органи машини).

2. Вибирається закон відносного руху виконавчих поверхонь, для чого розробляється кінематична схема машини та всіх її механізмів.

3. Виходячи з вимог до експлуатаційних властивостей машини, розраховують величину і характер сил, що діють на її виконавчих поверхнях (робочих органах).

4. Використовуючи ці дані, визначають величини сил і характер їх дії на кожній з ланок кінематичного ланцюга машини та її механізмів з урахуванням дії сил опору (сил тертя, інерційних сил тощо).

5. Знаючи вимоги до експлуатаційних властивостей кінематичної ланки, величину і характер діючих на нього сил, ряд інших факторів, вибирають належний матеріал для даної ланки.

6. Шляхом розрахунку визначають основні конструктивні розміри і розробляють конструктивні форми всіх ланок кінематичної схеми, створюючи таким чином деталі машини.

Щоб деталі, які мають виконавчі поверхні машини і є ланками її кінематичних цілей, рухалися у відповідності з необхідним законом їх відносного руху і займали одна щодо іншої необхідне положення, їх з'єднують за допомогою різного роду базуючих деталей у вигляді корпусів, рам станин та кронштейнів (тобто визначають їх відносне положення).

Конструктивні форми кожної деталі повинні створюватися шляхом обмеження належної кількості обраного матеріалу різного роду поверхнями та їх поєднаннями. Поверхні слід вибирати і розташовувати одні щодо інших з урахуванням, з одного боку, необхідних експлуатаційних властивостей деталей і, з іншого боку, можливо, більшої простоти їх отримання в процесі виготовлення заготовок та обробки деталей.

Конструктивна форма деталі має бути такою, щоб вона могла бути створена наявними у нашому розпорядженні способами обробки та формоутворення. Так як сучасна технологія машинобудування має

у своєму розпорядженні велику кількість різноманітних способів формоутворення, які забезпечують різну точність і різну вартість деталей при виготовленні, знання основ сучасної технології машинобудування і основ економіки машинобудівної промисловості для (майбутнього) інженера-конструктора є обов'язковим.

При розробці конструктивних форм деталей необхідно вирішувати комплексне завдання та знаходити такі оптимальні конструктивні форми, які забезпечували б експлуатаційні призначення та властивості деталей з найменшими витратами на їх виготовлення та виготовлення машин загалом.

Наприклад, для передачі обертального руху і крутних моментів від однієї деталі до іншої використовуються гладкі або ступінчасті вали. Технологія виготовлення гладких валів простіша, тому якщо розглядати вал як окремо взятую деталь, слід було б віддати перевагу гладкому валу. Форма такого валу простіша і вартість виготовлення порівняно зі ступінчастим нижча.

Однак експлуатаційні вимоги до інших деталей, що сполучаються з валом, а також і технологія складання цих деталей з валами, нерідко або виключають можливість використання гладких валів, або настільки ускладнює конструкцію і складання сполучних деталей, що це взагалі робить неекономічним їхнє використання.

Розвиток і вдосконалення існуючих способів формоутворення та організація нових, створюють можливості для застосування більш складних конструктивних форм деталей – більш жорстких і міцних і менш матеріаломістких. Наприклад, застосування штампо-зварних та сварно-литих конструкцій.

Або інший приклад – до створення електроерозійних методів обробки не можна було отримати в деталі отвори з перетином складної форми та криволінійною віссю.

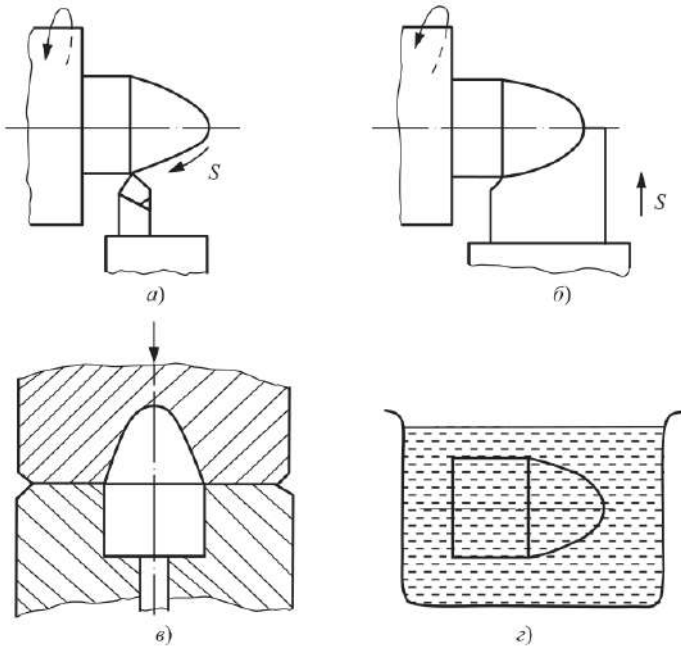
У міру ускладнення вимог до експлуатаційних властивостей деталі в машині ускладнюються і її конструктивні форми, проте це ускладнення не повинно, по можливості, виходити за рамки безумовно необхідного, щоб не здорожчувати виготовлення.

5.6.2 Загальна характеристика технологічних процесів

Сучасне машинобудування має у своєму розпорядженні велику кількість різноманітних методів формоутворення. Необхідні форма та

розміри деталі з запропонованою точністю та фізико-механічні властивості її матеріалу можуть бути отримані шляхом впливу на заготовку різними способами обробки: різанням (зняттям стружки), обробкою тиском (різні види гарячого та холодного штампування, пресування), електроерозійними, хімічними, електрохімічними, термічними, хіміко-термічними та іншими видами обробки

Найбільш загальна просторова взаємодія між знаряддям і матеріалом може бути критерієм якісної відмінності процесів. За методом взаємодії технологічних засобів (знаряддя виробництва, інструмент) всі *процеси можна розділити на чотири види* (рис. 5.22).



а - точкове, б - лінійне, в - поверхневе, г - об'ємне

Рисунок 5.22 – Схеми взаємодії технологічних засобів і матеріалу

1. Процеси з точковим впливом (рис. 5.22, а). Під точкою в даному випадку мається на увазі не математична точка, а елементарна поверхня, розміри і форма якої не визначають безпосередньо форму

оброблюваної поверхні.

2. Процеси з лінійною взаємодією (рис. 5.22, б). Прикладом може бути точіння фасонним різцем. Форма оброблюваної деталі утворюється в результаті дії лінії – фасонної різальної кромки різця.

3. Процеси з поверхневою взаємодією (рис. 5.22, в). Прикладом може бути гаряче чи холодне штампування (всадка). Обладнання необхідної форми деталі обумовлено дією робочої поверхні штампу і залежить безпосередньо від її форми.

4. Процеси з об'ємною взаємодією. Робоче середовище – рідина, сипуче тіло чи газ. Прикладом може бути зміна форми за допомогою розчинення в кислотах (процес травлення) або за допомогою електрохімічного впливу (різні види покриттів поверхонь деталей металами та сплавами) (рис. 5.22, г) тощо.

Процеси першого виду відрізняються найбільш складними і нескінченно різноманітними рухами, що залежать від форми поверхні деталі, яка обробляється. У зв'язку з цим ускладнюється і кінематика машини. Крім того, виникає необхідність у спеціальних допоміжних прийомах зі встановлення та зняття оброблюваної деталі.

Це, у свою чергу, ускладнює механізми машин та ускладнює автоматизацію процесу обробки. При складних механізмах та налаштуваннях машин (верстатів) зменшується надійність роботи, підвищується ймовірність виходу з ладу елементів верстата та налаштування. Створення систем автоматичних машин (автоматичних верстатних ліній), крім зазначеного вище, утруднюється також і необхідністю створювати пристрої–накопичувачі, в яких деталі повинні орієнтуватися певним чином.

Для **процесів другого виду** робочий рух характеризується геометричною напрямною заданої поверхні, може бути просторовим, плоским або прямолінійним і, отже, здійснений за допомогою переміщень у напрямку трьох, двох або однієї осей координат (прошивання, протягування, наочування фасонним різцем).

Робочий рух залишається однаковим для різних форм поверхонь, що мають однакові напрямні. Створення автоматичних машин процесів другого виду простіше, ніж першого. Вони універсальні для сімейств поверхонь з однаковими напрямними.

У технологічних **процесах третього виду** робочий рух для поверхонь будь-якої форми — прямолінійний (це преси для холодного та гарячого штампування та ін.). Це, безперечно, не лише

спрощує кінематику машини, а й спрощує її автоматизацію.

Для *процесів четвертого виду* робочий рух зводиться лише до переміщення виробу в робочий простір і тому є довільним, що має місце в ваннах для травлення та інших подібних пристроях.

Процеси третього та четвертого виду, забезпечуючи універсальність робочого руху, створюють найширші можливості для створення автоматичних машин.

Для робочої сили для процесів першого виду є змінною у напрямку до точки прикладання, і, отже, як предмету, так і знаряддя обробки необхідний зв'язок з виконавчими органами машини в напрямку всіх трьох осей координат. Такого роду зв'язок має місце у більшості металорізальних верстатів.

Для процесів другого виду характер дії робочої сили та характер необхідного зв'язку предмета та знаряддя обробки з виконавчими органами машин визначається характером геометричної напрямної оброблюваної поверхні. Залежно від її характеру (просторового, плоского або прямолінійного) робоча сила діє, відповідно, у напрямку всіх трьох, двох або лише у напрямку однієї осі координат, що викликає необхідність у жорсткому кріпленні у напрямку двох осей і, нарешті, лише в односторонній опорі.

В останньому випадку для кріплення предмета обробки особливого руху не потрібно. Кріплення як установка деталі здійснюється за допомогою робочого руху, наприклад, при обробці протягуванням, прошиванням або при витяжці.

Для процесів третього виду робоча сила, незалежно від форми поверхні деталі та характеру її напрямної, діє по прямій лінії, а, отже, зв'язок як предмета, так і знаряддя обробки в загальному випадку може бути зведений лише до осьового зв'язку. Загальною властивістю цих процесів є встановлення знаряддя щодо виконавчих органів машини лише у напрямі однієї осі координат.

Для процесів четвертого виду внаслідок довільного характеру робочого руху не потрібно будь-якого певного зв'язку між предметом обробки та виконавчим органом машини. Поняття ж зв'язку знаряддя з виконавчими органами машини втрачає звичний сенс, оскільки знаряддям є сипке тіло, рідина чи газ.

Зважаючи на те, що процеси першого і другого виду (механічна обробка на металорізальних верстатах) мають широке поширення в машинобудуванні, мають високу частку трудомісткості і собівартості

в загальній трудомісткості і собівартості машин і є головними при забезпеченні високої точності – зупинимося докладніше саме на них.

Будемо при цьому мати також на увазі і ту обставину, що для будь-якого способу формоутворення знаряддя обробки (інструмент, оснастка), як і самі робочі машини, виготовляються значною мірою шляхом механічної обробки на металорежущих верстатах.

5.6.3 Формоутворення при обробці на металорізальних верстатах

Обробка деталей будь-якої форми на металорізальних верстатах досягається шляхом поєднань елементарних рухів різального інструменту та оброблюваної заготовки, а також застосуванням інструменту з відповідною формою різального леза.

Металорізальний верстат, призначення якого – утворення поверхні на деталі шляхом зняття стружки, створює закономірні рухи різального інструменту щодо заготовки. Характер цих відносних рухів залежить від:

- форми утворюваної поверхні деталі;
- форми різального інструмента;
- способу здійснення процесу різання.

Поверхню деталі, обробленої на металорізальному верстаті, можна розглядати як слід, залишений різальним інструментом при здійсненні певної кінематичної схеми обробки.

Незважаючи на велику різноманітність металорізальних верстатів, призначених для виконання не тільки різних, а й однотипних технологічних операцій, кінематична структура будь-якого верстата базується на ряді основних, досить загальних кінематичних закономірностей, властивих усім верстатам. Щоб зрозуміти ці закономірності, необхідно розглянути методи геометричного утворення поверхонь.

Будь-яка реальна поверхня на твердому тілі може розглядатися як деяке наближення до відповідної геометричної поверхні. Технологічний процес утворення реальної поверхні — це процес утворення відповідної геометричної поверхні.

В кінематиці під геометричною поверхнею зазвичай розуміють слід як результат руху однієї утворюючої геометричної лінії, званої утворювальною лінією, по іншій утворювальній геометричній лінії,

яка називається напрямною. Слід, як утворювана поверхня – розуміється як безперервна множина послідовних геометричних положень рухомої лінії. Для утворення будь-якої геометричної поверхні потрібні дві геометричні похідні лінії та їхні відносні рухи.

Реальні поверхні на заготовці з металу або іншого матеріалу, можна отримати за допомогою допоміжних тіл (інструментів), які мають різні поверхні, лінії і точки. Їх називають **допоміжними матеріальними елементами**, на відміну від уявних, реально існуючих геометричних елементів.

Утворення поверхні зводиться, таким чином, до утворення геометричних виробляючих ліній, при відносних рухах яких і створюється поверхня. Рухи допоміжних елементів (інструментів), за допомогою яких утворюються геометричні виробляючі лінії та поверхні, відносно оброблюваних заготовок, або руху заготовок щодо інструменту, називаються **рухами формоутворення**.

При утворенні поверхонь різанням необхідні, крім рухів формоутворення, також рухи, які мають інше призначення.

Всі рухи, необхідні для обробки заготовки на верстаті, можна розділити на дві групи:

- 1) рухи, що переміщують різальне лезо, відносно оброблюваної заготовки;
- 2) рухи, що не переміщують різальне лезо, які не беруть участь безпосередньо в процесі обробки, але необхідні для того, щоб обробка могла здійснитися.

Отже **рухи формоутворення** – це ті рухи, які в процесі різання утворюють задані поверхні на заготовці, після того як різальний інструмент і заготовка отримали вихідні положення, необхідні для здійснення процесу формоутворення; при цьому положенні різальне лезо інструменту знаходиться на траєкторії руху формоутворення у вихідній точці.

Досягається це положення у шляхом установочних рухів. Якщо під час установочного руху відбувається різання, цей рух називається **рухом різання**. Установочний рух, під час якого різання не проводиться, називається **налагоджувальним рухом**. Рухи швидкості різання та подачі – це **рухи формоутворення**.

Для повторення руху формоутворення в новому місці заготовки застосовуються окремі виконавчі рухи, які називаються **рухами поділу**. Рухи формоутворення, установочні рухи або рухи різання,

налагоджувальні рухи і рухи поділу відносяться до першої групи рухів. До другої групи відносяться рухи управління і допоміжні рухи.

Рухи управління здійснюються механізмами, що регулюють рухи першої групи та координують їх у просторі та в часі. Такими механізмами є зчіпні муфти, фіксатори, упори, реверсні пристрої, диференціали, механічні, електричні та гідравлічні обмежувачі ходу тощо.

Допоміжні рухи:

- затискання заготовки та звільнення виробу або частково обробленої заготовки;
- транспортування та встановлення заготовок;
- зняття та транспортування готових виробів;
- затискання та звільнення інструменту;
- встановлення та зняття інструменту;
- виправлення інструменту;
- охолодження інструменту;
- змащення механізмів верстата;
- видалення стружки та ін.

Всі перелічені вище рухи даного процесу обробки деталі на верстаті – цілком визначені, та відповідають цьому процесу. Для того щоб забезпечити необхідну закономірність кожного з цих рухів, потрібно встановити параметри, що характеризують їх у часі і просторі, і створити у верстаті відповідні ланцюги.

5.6.4 Методи отримання утворювальної та напрямної лінії

Можливі методи утворення геометричних ліній:

1. Методи копіювання (рис. 5.23, а). Форма і протяжність утвореної лінії при цьому методі дорівнюють формі та протяжності матеріальної лінії допоміжного матеріального елемента — інструмента. Лінія, що утворюється, виходить як копія або «дзеркальне відображення» матеріальної лінії. Утворення лінії відбувається без руху формоутворення: потрібний лише установочний рух для переміщення допоміжного елемента у вихідне положення.

Прикладом цього методу отримання утворюючої лінії (методу копіювання при обробці деталей на металорізальних верстатах) можуть служити: точіння, стругання або довбання фасонним різцем,

фрезерування фасонною фрезою, протягування протяжкою або дорнування дорном (прошивкою), та взагалі, обробка фасонними профільними ріжучими інструментами, коли профіль інструменту переноситься на оброблювану деталь.

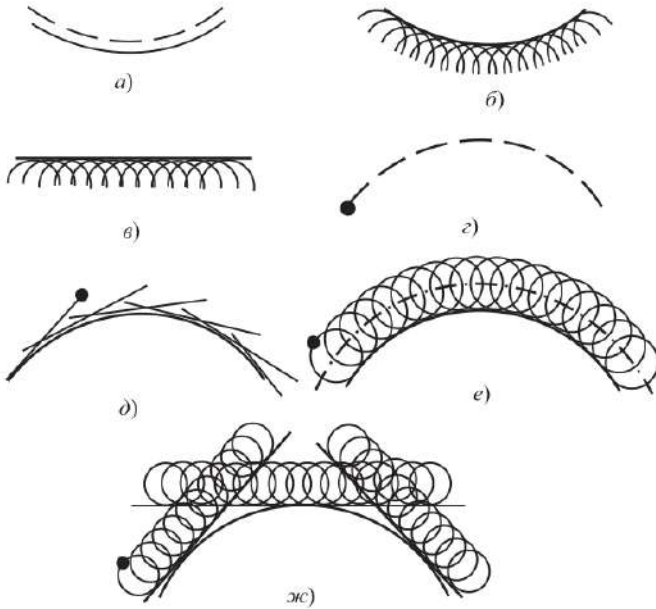


Рисунок 5.23 – Методи утворення ліній при обробці деталей

2. Метод обкатки (рис. 5.23, б і в). Лінія виходить як загальна послідовність положень, займаних допоміжним елементом (інструментом) при обкатці (обкатуванні) утворюваної лінії. Цей метод вимагає одного руху формоутворення – руху кочення.

Слід зазначити, що форма і довжина матеріальної лінії не збігаються з формою і довжиною лінії, яка утворюється. Приклад отримання утворюючої лінії методом обкатки – обточування валу круглим чашковим різцем. При фрезеруванні плоскої поверхні циліндричною осьовою або кінцевою фрезою, метод одержання утворюючої – копіювання, метод отримання направляючої – обкатка.

3. Метод сліду (рис. 5.23, г). При русі матеріальної точки вона залишатиме слід, який і буде утвореною лінією. Отже, за методом

сліду потрібно мати один рух формоутворення. Так, наприклад, цим методом ми отримуємо напрямну при обточуванні, струганні або довбанні різцем, при протягуванні і прошиванні.

4. Метод дотику (рис. 5.23, *д і е*). Утворювана лінія – дотична до ряду додаткових допоміжних геометричних ліній, утворених матеріальною точкою. При цьому методі потрібні два рухи формоутворення: один для утворення додаткових допоміжних ліній та інший – для такого їх розташування, при якому утворена лінія матиме задану форму і протяжність.

Інший різновид методу дотику характеризується тим, що допоміжні геометричні лінії утворюються не методом сліду, а методом торкання (рис. 5.2, *ж*). У цьому випадку необхідно мати три рухи формоутворення: два — для утворення допоміжних ліній (наприклад, прямих і кіл) і один — для їх відносного розташування. Насправді цей метод зустрічається рідко.

Наведемо приклад. Шліфування отворів великого діаметра у великих деталях шліфувальним кругом проводиться на шліфувальних верстатах з планетарним колом при нерухомій деталі. Напрямна виходить шляхом дотику, утворююча – шляхом сліду. Для отримання прямої потрібні два рухи формоутворення – обертальний і планетарний рухи шліфувального круга.

З вищевикладеного слідує, що геометричну лінію можна утворити чотирма методами з такою кількістю рухів формоутворення:

- методом копіювання без руху формоутворення;
- методом обкатки при одному русі формоутворення;
- методом сліду, також при одному русі формоутворення;
- методом дотику при двох і більше рухах формоутворення.

5.6.5 Методи утворення поверхонь при різних способах обробки

Метод утворення поверхні на деталі при її обробці залежить від: форми допоміжного елемента (інструменту), методів утворення кожної утворюючої геометричної лінії окремо і поєднання методів геометричного утворення утворюючих ліній. Справді, для того щоб створити задану поверхню, необхідно мати утворювальну та спрямовувальну геометричні виробничі лінії відповідної форми, кожна з яких можна утворити зазначеними чотирма методами. Отже,

методи утворення поверхонь складатимуться з методів утворення похідних геометричних ліній утворюваної поверхні, поєднань яких може бути багато.

Розглянемо кілька прикладів.

Під час обкочування плоскої поверхні роликом напрямна утворюється методом обкочування, утворююча – методом копіювання. При цьому потрібен один рух формоутворення – рух кочення накатного ролика.

Під час нарізування різьби фасонним різцем напрямна геометрична лінія (гвинтова лінія) вийде як слід при одному русі формоутворення, утворююча вийде методом копіювання.

При фрезеруванні різьби дисковою профільною фрезою напрямна вийде при двох рухах формоутворення - обертальному русі фрези і гвинтовому русі заготовки.

Під час шліфування прямозубого циліндричного колеса черв'ячним абразивним кругом утворюючу лінію бічної поверхні складає сукупність профілів колеса, що формуються методом обкатки, а направляючою є лінія по довжині зуба. Вона утворюється методом дотику. Утворення поверхні методом обкатки та дотику повинно здійснюватися трьома рухами формоутворення: один рух - обкатки для утворення профілю та два рухи - обертання абразивного круга та його поздовжнє переміщення вздовж зуба для утворення форми зуба по довжині. Оскільки для отримання руху обкатки вихідної рейки - круга - останній потрібно обертати, то для утворення форми зуба по довжині використовується необертання круга. Отже, з трьох рухів формоутворення два є такими, що збігаються (суміщеними), і тому зубчасте колесо шліфується рухами формоутворення.

Під час затилування циліндричної фрези з гвинтовим зубом загостреним різцем твірною лінією є затилова крива зуба, яка утворюється методом сліду від руху різання. Напрямною в цьому випадку буде гвинтова лінія по довжині зуба, яка утворюється методом сліду-руху подачі. Отже, задня поверхня зуба фрези утворюється методом подвійного сліду.

До викладеного вище слід зробити два зауваження.

1. Утворення поверхні методом сліду і дотику в чистому вигляді на практиці не зустрічається. Вершину різця або зерно абразиву в шліфувальному камені тільки умовно можна сприймати за матеріальну точку, яка у своєму русі залишає слід. Під час зняття,

наприклад, стружки різцем вершина різця залишає на оброблюваній поверхні вала канавку за профілем, подібну до профілю ріжучої частини різця біля вершини, тобто при цьому має місце, по суті, копіювання.

2. На практиці зустрічаються не всі поєднання способів утворення геометричних ліній. Так, наприклад, не зустрічається поєднання: дотик і копіювання, обкатка і копіювання, слід і копіювання.

Одну й ту саму поверхню деталі можна отримати різними методами. Так, наприклад, циліндричну поверхню можна отримати одним з наступних методів.

1. Об'ємне штампування, пресування або відлиття. При цьому метод отримання утворювальної та направляючої – копіювання. Рухів формоутворень не потрібно.

2. Волочиння, при якому утворююча виходить методом копіювання і напрямна – методом сліду, при одному русі формоутворення.

3. Обточування з радіальною подачею широким різцем, що має прямолінійну ріжучу кромку. При цьому методі отримання утворювальної — копіювання, метод одержання напрямної — слід. Рухів формоутворення – один.

4. Обточування валу круглим чашковим різцем. Метод одержання утворюючої – обкатка, спрямовуючої – слід. Рухів формоутворення — два.

Ріжучий інструмент, що застосовується при обробці деталей на металорізальних верстатах, має різальне лезо, яке можна розглядати як матеріальну лінію або матеріальну точку.

Якщо лезо ріжучого інструменту є матеріальною лінією, за формою і протяжністю збігається з утворюючою лінією заданої поверхні, то останню можливо утворити: методом копіювання і сліду при одному русі формоутворення і методом копіювання і торкання при двох рухах формоутворення.

Якщо форма і довжина леза ріжучого інструменту не збігається з утворюючою лінією, то поверхню можна утворити:

- шляхом обкатки і сліду;
- методом сліду та обкатки при двох рухах формоутворення;
- методом обкатки та дотику;
- торкання та обкатки при трьох рухах формоутворення.

Якщо лезо ріжучого інструменту використовується як матеріальна точка, під якою розуміється мала ділянка леза, то утворити поверхню можна:

- методом подвійного сліду при двох рухах формоутворення;
- методом сліду та дотику;
- методом дотику та сліду при трьох і більше рухах формоутворення;
- методом подвійного дотику при чотирьох та більше рухах формоутворення.

Певній формі різального леза (матеріальна лінія чи матеріальна точка) відповідають цілком певні методи утворення поверхонь. Це дозволяє визначити кількість рухів формоутворення, необхідних для створення двох провідних ліній, якщо відсутні суміщені рухи формоутворення.

Поєднані рухи можливі, якщо ріжучий інструмент має декілька лез з таким відносним розташуванням, яке дозволяє одним рухом формоутворення створювати обидві геометричні лінії, що утворюють поверхні. Таким чином, кількість формоутворюючих рухів визначається в залежності від форми інструменту і методів утворення виробляючих ліній утвореної поверхні.

Раціональна мінімальна кількість рухів формоутворення, необхідних для утворення поверхонь різанням, залежить від низки чинників і, насамперед, від обраного методу геометричного утворення поверхні.

До числа цих чинників належать:

- характер поділу заданої поверхні на елементарні поверхні;
- вибір утворюючої з двох геометричних виробничих ліній на утвореній поверхні;
- форма інструменту та його геометричне положення відносно утвореної поверхні;
- методи геометричного формування як утворювальної, так і напрямної ліній.

Позначимо через H_0 - кількість формотворчих рухів для створення геометричної лінії поверхні; H_n - кількість формотворчих рухів для створення геометричної спрямовуючої лінії; H_c - кількість суміщених рухів під час формоутворення.

Тоді кількість формотворчих рухів визначається таким чином:

$$H_{\Phi} = H_0 + H_n - H_c/2. \quad (5.18)$$

Значення H_0 і H_n визначаються відповідно до методу утворення утворюючих ліній, а значення H_c визначається з аналізу схеми рухів. Найчастіше $H_c = 0$ чи 2.

Сукупність відносних рухів інструменту і оброблюваної заготовки, необхідні для отримання заданої поверхні, називається **кінематичною схемою обробки**. З викладеного видно, що в залежності від характеру утворюючої і спрямовуючої ліній, характеру і поєднання рухів формоутворення та інших рухів на даній операції кінематика верстата і його налагодження можуть бути дуже різноманітними і, у ряді випадків, складними.

Під час розробки компоновок спеціалізованого устаткування визначення кінематичних схем і, перш за все, схем робочих рухів на верстаті мають важливе значення.

Однак слід наголосити, що кількість рухів, необхідних для утворення поверхні, не визначають повністю кінематику верстата; важлива ще й якісна сторона цих рухів, особливо рухів формоутворень. Вони переважно і визначають кінематичну структуру верстата. Усі рухи повинні мати параметри, що характеризують їх у часі та просторі.

5.6.6 Поняття про налаштування верстатів

У серійному і масовому виробництві обробка деталей проводиться на налаштованих верстатах. Незмінність налаштування верстата забезпечує однорідність партії оброблених деталей за формою та розмірами. Робота на налаштованих верстатах допускає багатOVERстатне обслуговування, забезпечує високу продуктивність і не вимагає високої кваліфікації робітника, який обслуговує верстат.

Налаштування верстата на обробку певної деталі, виконання певної операції або переходу полягає в наступному:

- у створенні певного кінематичного ланцюга з метою забезпечення необхідних умов обробки – рухів формоутворення, при яких ми отримуємо необхідні форми та розміри оброблюваної поверхні на деталі;
- у встановленні інструменту та пристроїв на верстаті та

наданні їм такого положення, при якому задані форми та розміри деталі виходять автоматично. Переміщення інструменту щодо заготовки обмежується дією спеціальних пристроїв – упорів та автоматичних зупинок;

- у встановленні на верстаті такого числа обертів або числа подвійних ходів за хвилину та подачі, що забезпечують задані режим різання, продуктивність та якість обробленої поверхні.

У процесі обробки партії деталей налаштування верстата має бути незмінним. Цим забезпечується однорідність оброблених деталей цієї партії за формою та розмірами. Однак у часі діє ряд факторів, наприклад, знос ріжучого інструменту, що порушують сталість налаштування і викликають зміни форми і розмірів деталі, що виходять за межі допусків або погіршують якість оброблених поверхонь. Внаслідок цього необхідно періодично проводити підналагодження верстата, усуваючи причини налаштування, що порушують сталість.

5.6.7 Методи одержання заданих розмірів

Точність розмірів оброблюваної деталі на верстаті залежить від положення ріжучої кромки інструменту щодо поверхонь, що базують.

Існують **три різних методи забезпечення розмірів деталей:**

- 1) обробка по розмітці;
- 2) метод роботи з промірів;
- 3) метод автоматичного одержання розмірів.

Обробка по розмітці. Перед обробкою на верстаті заготовка піддається розмітці. Розміткою називається спеціальна операція, що полягає в нанесенні сталевую гострою голкою на заготовку осей і ліній, що визначають положення поверхонь, які обробляються.

Лінії проводяться на пофарбованій фарбою або крейдою поверхні заготовки. У тих місцях, де ці лінії можуть стертися або їх недостатньо ясно видно, вони намічаються за допомогою накернювання через певні проміжки.

Операція розмітки ставить за мету «викроїти» деталь із заготовки, тобто знайти таке положення оброблених поверхонь у заготовці, щоб на всіх поверхнях, що оброблялися, були достатні для обробки припуски.

Інша мета розмітки – дати осі та лінії на заготовці, що спрощують її встановлення на верстаті. Розмічувальні лінії, обмежуючи величину припуску, водночас і є межами розмірів деталі.

Знімаючи стружку при обробці деталі на верстаті до розмічальної лінії, ми тим самим витримуємо розмір деталі, так як робочий верстат обмежує переміщення ріжучого інструменту в процесі обробки по розмічальних лініях візуально. Розмітка неминуча в одиничному та дрібносерійному виробництві при обробці великих деталей складної форми. Точність обробки деталей за розміткою невисока.

Метод роботи за промірами (рис. 5.24) полягає у тому, що робочий на початку кожного проходу «встановлює інструмент на стружку», тобто він підводить інструмент до деталі і спочатку обробляє невелику ділянку поверхні, далі перевіряє отриманий розмір, після чого глибина різання коригується (наприклад по лімбу верстата).

При точних роботах пробну обробку та коригування розміру роблять двічі і навіть тричі. Після того, як положення інструменту таким чином відкориговане, обробляють всю поверхню.

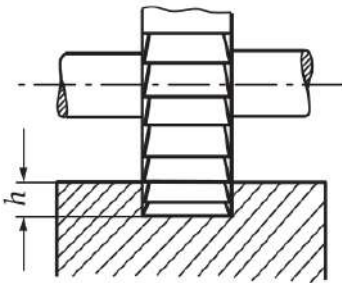


Рисунок 5.24 – Метод пробних проходів і промірів

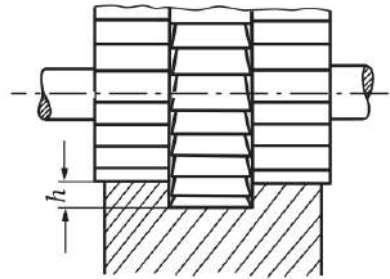


Рисунок 5.25 – Автоматичне отримання розміру застосуванням набору мірних інструментів

Якщо потрібна обробка з високою точністю, установка на стружку, яка повторюється під час обробки кожної деталі, виявляється трудомістким і дорогим елементом роботи.

Проте в умовах індивідуального та дрібносерійного виробництва робота за промірами є звичайною. Навіть при заготовці невисокої точності кваліфікований робітник, користуючись методом

роботи з промірами, може забезпечити високу якість продукції та уникнути браку. Звідси видно, що робота з промірів вимагає робітника високої кваліфікації та застосовується в індивідуальному та дрібносерійному виробництві.

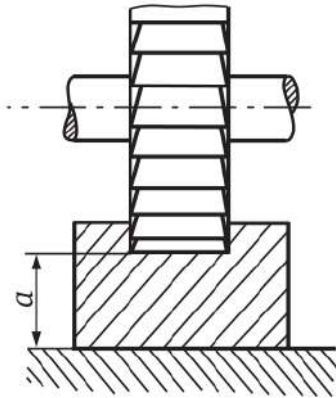


Рисунок 5.26 – Отримання розміру при налаштованому верстаті

До тих пір, поки знос інструменту не призведе до зміни його розмірів, що виходить за межі допуску, розміри деталей, які обробляються – вважаються постійними, незмінними, однаковими на всіх деталях цієї партії, що піддаються обробці даним інструментом.

Розмір оброблюваної деталі:

$$Z_{дет} = Z_{и} \pm \delta_{и}, \tag{5.19}$$

де $Z_{и}$ – розмір ріжучого інструменту, мм;

$\delta_{и}$ – знос ріжучого інструменту, мм.

Знак «плюс» відповідає обробці зовнішніх, а «мінус» – обробці внутрішніх поверхонь.

Робота на налаштованих верстатах. Поряд з обробкою мірним інструментом метод обробки на налаштованих верстатах є основним методом роботи в масовому та великосерійному виробництві. Налаштування верстата, як було зазначено вище, зазвичай проводиться таким чином, що оброблена заготовка та

При роботі за промірами, якщо заготовка піддалася розмітці, встановлення деталі та сама обробка (пробні проходи) полегшується, завдяки наявності розмічувальних ліній. **Метод автоматичного одержання розмірів.** Автоматичне одержання розмірів деталі при обробці на металорізальних верстатах може бути забезпечене:

- застосуванням відповідних мірних інструментів;
- роботою на налаштованих верстатах (рис. 5.26).

Застосування мірних інструментів.

При застосуванні мірних інструментів (розгорток, протяжок, фрез тощо) розміри інструменту (наприклад, розгортки) переносяться на деталь.

інструмент встановлюються у цілком визначеному положенні щодо верстата.. При цьому переміщення інструменту щодо деталі обмежується дією спеціальних пристроїв (упорів та автоматичних зупинок).

При обробці партії деталей, яка виробляється при одному налаштуванні, всі умови виконання операції повторюються, тому очікується, що результати обробки виявляться однаковими.

При роботі з налаштування відпадає один з найбільш складних елементів роботи – установка інструменту на стружку при обробці кожної деталі, тому робота на налаштованому верстаті може виконуватися робочим менш високої кваліфікації, ніж роботи за промірами.

Відповідальність за дотримання розмірів в основному перекладається з робітника–верстатника на налаштувача верстата, який повинен мати відповідну кваліфікацію. Однак певною мірою точність обробки залежить від робочого верстатника.

Він повинен стежити за тим, щоб при встановленні заготовки під неї не потрапила стружка або бруд, і спостерігати за зношуванням інструменту, перевіряючи розміри калібром.

Налаштування може виконуватись на один або кілька розмірів. Точне налаштування верстата відразу на два розміри значно важче, ніж налаштування на один розмір. Зі збільшенням числа розмірів при налаштуванні верстата труднощі налаштування зростають, вимоги до кваліфікації налаштувальника також збільшуються.

Налаштування інструменту на розмір найчастіше проводиться шляхом обробки пробних деталей і має деяку схожість із встановленням на стружку під час роботи за методом пробних проходів. Однак між цими елементами роботи є й суттєва різниця.

Працюючи за методом пробних проходів робітник має на увазі лише одну оброблювану деталь, він встановлює інструмент так, щоб свідомо не зняти зайвого металу.

У разі потреби він може зробити ще один прохід. Тому робітник тримається ближче до прохідної сторони калібру. Якщо ж при налаштуванні має бути враховано зношування ріжучого інструменту, необхідно, навпаки, триматися ближче до непрохідної сторони.

5.6.8 Похибки налаштування

При зміні або регулюванні ріжучого інструменту неможливо забезпечити його встановлення так, щоб він займав абсолютно однакове і постійне положення на верстаті. Для окремих партій оброблюваних деталей воно буде різним.

Відстань між двома граничними положеннями інструмента називають *похибкою налаштування верстата*. Цю величину, що створює додаткову похибку витриманого розміру, позначають Δ_n .

Величина Δ_n залежить від методу виконання налаштування верстата і представляє різницю між максимальним та мінімальним настроювальним розміром.

Величина цієї похибки залежить від кваліфікації наладчика, якості і точності виготовлення вимірювального інструменту що застосовується, і еталонів, якими користується наладчик.

Питання для самоперевірки

1. Що таке технологічна операція?
2. Що таке контрольна операція?
3. Які є види технологічних операцій?
4. Назвіть складові технологічної операції.
5. Які види позицій ви можете назвати?
6. Що таке перехід?
7. Які можуть бути переходи?
8. Які елементи операції називають допоміжними переходами?
9. Що називається робочим прийомом?
10. Які основні фактори впливають на побудову технологічного процесу?
11. Назвіть вихідні дані для проектування технологічного процесу обробки деталі.
12. На якому вихідному положенні повинен базуватися проєктований технологічний процес?
13. Які вимоги враховують при порівнянні кількох варіантів технологічного процесу?
14. Як технологічні процеси впливають на організацію виробництва?
15. Яке виробництво називається одиничним?
16. Назвіть характерні форми організації роботи для різних типів

виробництв.

17. Від чого залежить характер технологічного процесу при серійному виробництві?
18. Яке виробництво називається непоточним?
19. Що таке такт випуску готової продукції?
20. Назвіть вимоги, яким має задовольняти технологічний процес при масовому виробництві.
21. Що називається концентрацією (укрупненням) операцій?
22. В чому полягає принцип виділення вирішальної операції?

ТЕМА 6. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ. БАЗИ У МАШИНОБУДУВАННІ

Розробка нового виробу є складним конструкторським завданням, пов'язаним із досягненням не тільки необхідного технічного рівня цього виробу, але і з наданням його конструкції таких властивостей, які забезпечують максимально можливе зниження витрат праці, матеріалів та енергії на його виготовлення, технічне обслуговування та ремонт. Розв'язання цього завдання визначається спільною роботою конструкторів та технологів.



Рисунок 6.1 – Спільна робота конструкторів та технологів над технологічністю конструкції виробу

Для методичного та практичного забезпечення даної задачі розроблено низку стандартів та методичних вказівок у рамках Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСПВ), в яких узагальнено досвід передових підприємств та організацій, дано основні визначення та технології проведення технологічного аналізу складальних креслень виробів.

Технологічністю конструкції виробу, згідно з ГОСТ 14.205–83, називається сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її адаптивність до досягнення оптимальних витрат при виробництві, адаптивність до технічного обслуговування та ремонту із

заданими показниками якості; адаптивність конструкції виробу до обсягу випуску та умов виконання робіт.

Під **забезпеченням технологічності конструкції виробу** розуміють функцію підготовки виробництва, що передбачає взаємопов'язане вирішення конструкторських та технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових і матеріальних витрат, скорочення часу на виробництво (в тому числі і монтаж за межами підприємства-виробника), технічне обслуговування та ремонт виробу.

Саме поняття «технологічність» можна трактувати як властивість виробів, що проявляється відповідно до вимог економічної технології виготовлення. Іншими словами, технологічність конструкції можна характеризувати як властивість конструкції, що проявляється в оптимальних витратах ресурсів (трудова, матеріальна та ін.) при її виробництві, експлуатації, ремонті та утилізації.

Досвід машинобудування показує, що шляхом підвищення технологічності конструкції виробу можна отримати додаткове скорочення трудомісткості виготовлення на 15...25 % і зниження собівартості на 5...6 %.

Звідси стає очевидною важливість вирішення завдань, пов'язаних з відпрацюванням конструкції виробу на технологічність, під якою розуміють частину робіт із забезпечення технологічності, спрямованих на досягнення заданого рівня технологічності та виконуваних на всіх етапах розробки виробу.

Головними факторами, що впливають на забезпечення технологічності конструкції виробу, є:

- вид виробу;
- обсяг випуску та тип виробництва;
- конструктивна складність;
- новизна конструкції;
- характеристика вихідних матеріалів тощо.

Залежно від кінцевої стадії конкретного виробництва, виробом може бути деталь, складальна одиниця і складніші складальні утворення самостійного призначення, такі як агрегати, автомобільні двигуни тощо.

За сферою прояву технологічності конструкції виробу, розрізняють такі види технологічності:

- **виробничу** – технологічність конструкції виробу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні, а також монтажі поза підприємством–виробником;
- **ремонтну** – технологічність конструкції виробу за всіх видів ремонту, крім поточного;
- **експлуатаційну** – технологічність конструкції виробу при підготовці виробу до використання за призначенням, технічним обслуговуванням, поточним ремонтом та утилізації.

Неодмінною умовою забезпечення технологічності виробів є виконання низки вимог, які пред'являються до конструкції виробу та складальних одиниць і деталей, що входять до нього. Ці вимоги увійшли у галузеві стандарти та в комплекс державних стандартів ЄСПВ.

Основні положення зазначених вимог зводяться до наявності в конструкції наступних властивостей:

- раціональність поділу, компонування виробів та їх складових частин, а також вибору типу заготовок, що застосовуються;
- широке використання принципів конструктивної та технологічної спадкоємності, уніфікації та стандартизації;
- раціональне обмеження кількості марок та сортamentів матеріалів, що застосовуються;
- ширше використання недефіцитних матеріалів, та таких матеріалів, обробка яких не викликає труднощів;
- раціональне призначення допусків і параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь;
- доцільне проставлення розмірів з урахуванням особливостей обробки деталей на певних видах технологічного обладнання;
- забезпечення зручності базування деталей при їх обробці і, по можливості, досягнення достатньої жорсткості конструкції;
- дотримання умов взаємозамінності деталей, спрощення складальних робіт і можливості їх механізації;
- створення деталей таких конструктивних форм, які дозволяють застосовувати більш продуктивні методи механічної обробки та використовувати високопродуктивне обладнання;

- забезпечення умов врізання і виходу ріжучого інструменту, а також хорошого доступу для обробки і здійснення замірів поверхонь деталі;
- зменшення різноманіття видів оброблюваних поверхонь і геометричних розмірів однотипних елементів конструкції деталі;
- максимально можливе спрощення конструкції збірних одиниць та деталей;
- можливість застосування прогресивних технологічних процесів, високопродуктивного обладнання і більш досконалих методів організації праці, для чого може бути потрібна наявність в деталях або складальних одиницях певних конструктивних елементів;
- зручність технічного обслуговування та ремонту в процесі експлуатації, що може вимагати внесення в конструкцію певних елементів.

Загальні вимоги до технологічності конструкції виробу конкретизуються та уточнюються з урахуванням особливостей певних видів робіт (штампування, лиття, механічної обробки, збирання тощо).

Відомо, що при механічній обробці технологічність деталі залежить від її габаритних розмірів, конфігурації, раціонального вибору заготовки, простановки розмірів та правильного встановлення точності та параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь. Вимоги до конструктивних форм деталі багато в чому визначаються можливостями технологічного обладнання та конкретними умовами виробництва (типом виробництва, наявністю достатньої кількості верстатів із ЧПУ та ін.).

Забезпечення зручного та надійного закріплення деталі на верстаті накладає обмеження на жорсткість її конструкції, оскільки недостатність або відсутність цієї властивості призводить до необхідності розробки спеціального технологічного оснащення, а також зменшення граничних режимів обробки.

Окремі геометричні елементи можуть бути визнані технологічними, якщо їх розміри і конфігурація будуть відповідати параметрам стандартного різального інструменту, так як розробка спеціального інструменту вимагає додаткових витрат і подовжує терміни технологічної підготовки виробництва.

Ця відповідність є необхідною, але недостатньою умовою. При

розробці геометричних елементів поверхонь деталі, повинні широко використовуватися принципи уніфікації для скорочення їх різновидів в конструкції деталі, що дозволить зменшити номенклатуру застосовуваного стандартного різального інструменту.

Більш краща конфігурація поверхонь, що дозволяє проводити їхню обробку напрохід. **Необхідно по можливості уникати** глибоких отворів, глухих отворів з двох сторін деталі та внутрішніх виточок, виготовлених з високою точністю, а також отворів, що перетинають зону загартування. Співвісні отвори в конструкції деталі слід розташовувати з урахуванням зменшення діаметрів в одному напрямку, а ступінчасті вали повинні мати по можливості невеликі перепади діаметрів.

Найбільш технологічними є наскрізні циліндричні отвори. Необхідно розташовувати оброблювані поверхні в одній площині, застосовувати стандартні розміри діаметрів, допусків, посадок, параметрів шорсткості.

У деталях, що піддаються термічній обробці, потрібно передбачати жолобники або радіусні переходи. Внутрішні різьблення мають бути по можливості наскрізними. Ряд додаткових вимог до деталей, що піддаються механічній обробці, обумовлюються особливостями технологічного обладнання, що застосовується.

Необхідність забезпечення високоякісного проведення складальних робіт визначає номенклатуру спеціальних вимог щодо конструкції виробів. Відомо, що їх поділ на окремі складові повинен бути здійснений таким чином, щоб можна було проводити одночасно складання багатьох складових частин виробу.

Переважно здійснювати членування виробу з урахуванням функціонального призначення окремих складових частин. Необхідно враховувати принцип взаємозамінності, поєднувати технологічні та вимірювальні бази, забезпечувати зручність підходів до з'єднань для того, щоб використовувати різні засоби малої механізації.

Конструкція повинна забезпечувати можливість застосування нескладних пристроїв та стандартного інструменту. Слід передбачати можливість проведення паралельного збирання складальних одиниць.

Складання має бути зручним. Обсяг механічних робіт при складанні виробу – мінімальним. При складанні повинна забезпечуватися взаємна фіксація деталей, які збираються, і складальних одиниць.

Для цього використовуються виступи та пази, шпонки, штифти, настановні фіксуючі отвори. Існують досить відомі вимоги до технологічності різних видів з'єднань (зварювальних, клепавальних та ін.). Точність складальних з'єднань забезпечується методами припасування, регулювання, групової взаємозамінності.

Під час *розподілу складної складальної одиниці на простіші елементи* необхідно виконувати наступні *вимоги*.

1. Складальні одиниці повинні бути розраховані на мінімальну кількість різних видів технологічних процесів складання (з'єднання болтами, клепою, зварюванням, паянням тощо.). Вони повинні бути простими, являти собою закінчений виріб для певної виробничої ділянки та мати мінімально можливу кількість зчленувань.

2. Розчленування складної складальної одиниці на прості повинно здійснюватися з урахуванням виробничої структури підприємства–виробника та передбачати з'єднання простих збірних одиниць у певній послідовності таким чином, щоб одна складальна операція не заважала виконанню інших.

3. Розчленування складної складальної одиниці має бути зроблено з урахуванням можливості заміни будь-якої простої складальної одиниці без порушення інших з'єднань простих складальних одиниць.

4. Конструкція складальної одиниці повинна забезпечувати можливість проведення регульовальних та контрольних операцій. При цьому часті регулювання не повинні порушувати регулювання складної складальної одиниці.

Заходи щодо скорочення витрат матеріалів можуть бути поділені на дві наступні групи.

1. Конструктивні заходи, пов'язані з удосконаленням методів розрахунку і використанням нових принципів конструювання із забезпеченням рівномірності деталей у всіх її перерізах, а також із застосуванням нових, недорогих і недефіцитних матеріалів (зокрема пластмас). До цієї групи належать також заходи щодо застосування раціональних видів заготовок для виготовлення деталей.

2. Технологічні заходи, серед яких можна назвати такі:

- розробка більш досконалої технології створення нових конструкційних матеріалів для забезпечення можливості широкого їх застосування у виробках;
- зміна технології створення існуючих конструкційних

- матеріалів, а також введення додаткових контрольних операцій з метою підвищення їх якісних характеристик;
- впровадження технологічних методів зміцнення матеріалів;
 - розширення номенклатури видів прокату, що випускаються, а також зменшення полів допусків на його геометричні розміри;
 - раціональне застосування більш досконалих технологічних процесів і обладнання в рамках певного виду виробництва (наприклад, у ливарному виробництві використання більш досконалих способів лиття, в механообробному виробництві верстатів з ЧПУ, багатоцільових верстатів тощо).

Застосування раціональних видів заготовок має бути обґрунтоване відповідними техніко-економічними розрахунками. При цьому враховують матеріал, габаритні розміри та масу деталі, серійність виробництва, точність розмірів та допуски на обробку, а також специфічні умови експлуатації. Вид заготовки, що застосовується, може накладати певні обмеження на конфігурацію деталі та вимоги, що пред'являються до неї з точки зору технологічності.

Наприклад, застосування такого способу формоутворення заготовок, як лиття, накладає низку обмежень на форму і ув'язку окремих поверхонь деталі:

- прагнення до зменшення габаритних розмірів;
- зовнішні поверхні повинні складатися з прямолінійних контурів, з'єднаних плавними переходами;
- товщина стінок повинна призначатися такою, щоб виключити різкі відхилення в їхніх розмірах;
- необхідно уникати виступаючих частин, великих тонких ребер і поверхонь, які ускладнювали б ливарну форму;
- форма заготовки повинна виключати складнощі під час роз'єму моделі тощо.

Залежно від застосовуваного способу лиття (лиття в піщано-глинисті форми, в оболонкові форми, за моделями, що виплавляються, під тиском та ін.) вимоги до технологічності литих деталей доповнюються і уточнюються. Застосування того чи іншого різновиду лиття визначається особливостями конструкції деталі, її призначенням, умовами експлуатації, а також виробничими можливостями. Для деталей, що працюють на вигин, розтягування та

кручення і мають суттєву відмінність в окремих перерізах, рекомендують застосовувати заготовки у вигляді поковок та штампованих заготовок. Штампування забезпечує отримання якіснішої заготовки, але вимагає застосування дорогих штампів. Тому використання цього виду формоутворення деталей має бути економічно обґрунтованим.

Розробник враховує особливості технологічних процесів обробки тиском і надає відповідно до них певної форми деталям, до яких висуваються особливі вимоги щодо технологічності їхньої конструкції.

Так, під час використання гарячого штампування необхідно передбачити: можливість скорочення кількості переходів, операцій і мінімізацію подальшого механічного оброблення; виготовлення деталі на простих і дешевих штампах; роз'єднання штампів, а також низку інших вимог, які в сукупності характеризують технологічність штампованої заготовки.

Виконання кожної з наведених вимог накладає певні обмеження на конфігурацію виготовленої деталі. Так, під час штампування на молотах і пресах деталь повинна мати роз'ємну геометричну форму з наявністю штампувальних ухилів на вертикальних (до площини роз'єму) стінках, а також плавні заокруглені контури. Необхідна величина штампувальних ухилів змінюється залежно від застосовуваного обладнання. Просторові деталі складної форми або близькі до них заготовки технологічно виготовляти із застосуванням холодного штампування, яке можна віднести до одного з найбільш прогресивних способів формоутворення деталей. Застосовуваний вид холодного штампування (згинання, витягування, холодне видавлювання, холодне об'ємне штампування та ін.) багато в чому визначає номенклатуру вимог, що характеризують технологічність деталі. Фізико-механічні властивості окремих конструкційних матеріалів (пластмас, спечених порошкових матеріалів та ін.) та умови спеціальних видів обробки накладають додаткові вимоги до технологічності конструкції деталей.

Технічне обслуговування та ремонт виробів проводяться з урахуванням забезпечення окремих вимог до їхньої експлуатаційної технологічності. Зміст цих вимог багато в чому визначається функціональним призначенням виробів та особливостями процесу їх експлуатації.

Загальними вимогами до експлуатаційної технологічності великої кількості різноманітних конструкцій є:

- доступність, взаємозамінність складових частин виробів в процесі експлуатації;
- можливість застосування найбільш досконалих засобів контролю технічного стану систем;
- можливість проведення регульовально–дослідних робіт;
- можливість застосування прогресивної технології відновлювальних робіт;
- забезпечення зручності при обслуговуванні та ремонтах;
- мінімальна кількість місць регулювання і точок змащування;
- легkozнімність окремих агрегатів і складових частин.
- залежно від функціонального призначення окремих систем однотипних виробів вимоги щодо експлуатаційної технологічності уточнюються та доповнюються.

Під час використання робототехнічних систем, верстатів з ЧПУ, гнучких автоматизованих виробництв мають місце специфічні вимоги до технологічності конструкцій. Одним із суттєвих напрямів підвищення ефективності дорогих верстатів із ЧПУ є застосування для обробки на них деталей, відпрацьованих на технологічність з урахуванням особливостей цього виду обладнання.

У результаті відпрацювання конструкцій на технологічність з'являється можливість підвищити режими оброблення, зменшити терміни підготовки програм і скоротити час на переналагодження устаткування під час переходу на виготовлення іншого типорозміру деталей. Для верстатів з ЧПУ технологічною може бути конструкція деталей складної конфігурації, що відрізняється великою кількістю оброблюваних поверхонь з високими вимогами до точності і параметрів шорсткості. Форма поверхонь може описуватися сферою, дугами, параболоми, гіперболоми, еліпсами та іншими складними контурами.

При аналізі технологічності деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ, необхідно враховувати вимоги надійного видалення стружки, максимального спрощення програмування, забезпечення сприятливих умов роботи різального інструменту, надійного закріплення заготовки, що забезпечує можливість обробки максимальної кількості її поверхонь і одночасно високу жорсткість системи заготовка–пристосування. При автоматичному завантаженні

заготовок додатково слід враховувати можливість їхнього орієнтування та захвату завантажувальним пристроєм.

Основними вимогами, що пред'являються до конструкції деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ, є:

1. Максимальна уніфікація елементів конструкції деталі.

Конструкція заготовки деталі повинна бути такою, щоб для обробки була потрібна мінімальна кількість інструментів. Цьому сприяє раціональне оформлення канавок (рис. 6.2, а) та широка уніфікація розмірів основних та кріпильних отворів. Для зменшення обсягу робіт з підготовки керуючої програми слід радіуси r закруглень внутрішніх контурів виконувати однаковими та узгодженими з діаметром фрези $D_{\phi} : r > D_{\phi}/2$ (рис. 6.2, б).

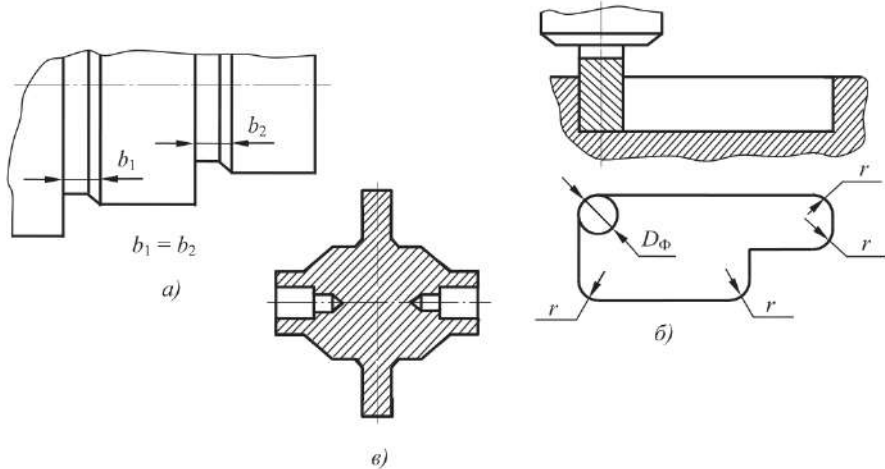


Рисунок 6.2 – Технологічні конструкції деталей для верстатів із ЧПУ

2. Симетричність форми деталі, що дозволяє проводити обробку із застосуванням одного комплекту інструменту з однієї установки в поворотному пристрої за однією програмою (рис. 6.2, в). Симетричність конструкції деталі за формою та розмірами скорочує кількість необхідних програм.

3. Конструкція деталі повинна дозволити використовувати при її обробці інструмент більш високої жорсткості. Радіуси фрезерування в кишнях (рис. 6.2, б), вікнах і заниженнях слід, по

можливості, збільшувати, що підвищує жорсткість інструменту.

З цих міркувань в корпусних деталях, що мають співвісні отвори у двох стінках, слід проектувати конструкцію так, щоб при розточуванні відношення довжини l до діаметра d було не більше $5 \div 6$.

4. Для забезпечення високопродуктивних режимів різання відношення висоти ребра до його товщини має бути не більше 10, застосування похилих стінок має бути по можливості обмеженим.

5. Конструкція деталі повинна забезпечувати зручність видалення стружки. При багатоперехідній обробці доцільно замість глухих отворів та кишень передбачати наскрізні отвори та вікна, що сприяє кращому стружковидаленню.

6. Конструкція деталі повинна сприяти виключенню або максимальному зменшенню подальшої післяобробки на верстатах з ЧПУ верстатного або ручного доопрацювання. Для цього недоцільно передбачати різьбові отвори з діаметром різьби менше М6.

7. Креслярські розміри деталі слід проставляти в залежності від того, в якій системі працює верстат з ЧПУ (абсолютної, за збільшенням, комбінованої).

При обробці деталей на автоматичних лініях та агрегатних верстатах слід враховувати такі вимоги щодо технологічності конструкції:

- оброблювані поверхні обертання бажано розташовувати таким чином, щоб була можливість обробки тільки з осьюовою подачею ріжучого інструменту (свердління, зенкерування, розгортання, розточування, зняття фасок, різьбонарізання, підрізання торців та ін);
- бажано витримувати співвісне розташування оброблюваних поверхонь;
- найкращим вважається таке оформлення поверхонь, при якому можливе застосування збірною багатолезового ріжучого інструменту, що забезпечує суміщення в часі технологічних переходів (їх концентрацію);
- необхідно передбачати паралельне розташування осей оброблюваних отворів;
- слід уникати перетину поверхонь отворів для забезпечення одночасної обробки кількома інструментами;
- для обробки ступінчастих отворів необхідно розташовувати

- поверхню більшого діаметру з боку підведення інструменту;
- у конструкції корпусних деталей бажано таке оформлення отворів, що розточуються, обробка яких можлива консольною борштангою (застосування довгих борштанг з додатковими опорами ускладнює виконання обробки на автоматичних лініях і агрегатних верстатах).

При аналізі технологічності конструкції виробу використовують два види оцінки: якісну та кількісну.

6.1 Якісна оцінка технологічності конструкції виробу

Якісна оцінка – це оцінка відповідності прийнятих рішень вимог оптимальних технологічних процесів. Результатом якісної оцінки технологічності конструкції виробу є оцінки типу «добре – погано», «технологічно – нетехнологічно», «допустимо – недопустимо» тощо.

Якісна оцінка не дозволяє при порівнянні різних варіантів конструкції сказати, наскільки один з них кращий за інший у відсотковому відношенні або наскільки він наближається до еталонного варіанту, що є її недоліком. Вона допустима на всіх стадіях проектування, коли здійснюється вибір кращого конструктивного рішення і не потрібне визначення ступеня відмінності технологічності порівнюваних варіантів.

При проектуванні нових конструкцій та відпрацювання їх на технологічність слід враховувати, що покращення технологічності окремо взятої деталі може викликати необхідність проведення змін у вузлі або виробі в цілому.

Тому технологічність конструкції доцільно розглядати як комплексне рішення задачі, що враховує вимоги по всіх складових частинах виробничого процесу виготовлення виробу (починаючи з заготовки та закінчуючи збиранням та використанням виробу).

При проведенні якісної оцінки технологічності конструкції виробу формуються технічні вимоги, рекомендації, систематизована інформація, що дозволяє зробити правильний вибір на базі вже існуючого досвіду. Якісна оцінка при порівнянні конструкцій у процесі проектування виробу передує кількісній, визначає доцільність останньої і, відповідно, витрат часу на визначення чисельних значень показників технологічності порівнюваних варіантів.

6.2 Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу

Кількісна оцінка технологічності конструкції спрямована на порівняння показників з еталоном в кількісному вираженні. Ця оцінка дозволяє визначити, наскільки один варіант відрізняється від іншого.

При проведенні кількісної оцінки технологічності конструкції виробу використовують часткові показники, комплексні та базові показники технологічності конструкції виробу.

Частковий показник – показник технологічності, який характеризує одну з властивостей, що входять до неї.

Комплексний показник – показник технологічності, характеризує кілька часткових або комплексних властивостей, що входять до неї.

Базовий показник технологічності конструкції виробу – показник, прийнятий за вихідний при оцінці технологічності.

Часткові та комплексні показники бувають абсолютними та відносними. Абсолютні показники характеризують одну або декілька ознак технологічності конструкції виробу, наприклад, кількість оригінальних деталей. Відносні показники ґрунтуються на порівняльній характеристиці технологічності конструкції.

Необхідно застосовувати мінімальну, але достатню для оцінки технологічності кількість показників.

Розглянемо **визначення** деяких **показників технологічності**.

1. Абсолютний техніко-економічний показник трудомісткості виготовлення виробу $T_{и}$ виражається сумою нормогодин, витрачених на виготовлення виробу:

$$T_{и} = \sum_{i=1}^n T_i, \quad (6.1)$$

де T_i – трудомісткість виготовлення i -ї складової частини виробу в нормогодинах;

n – число складових частин у виробі.

2. Рівень технологічності конструкції з трудомісткості виготовлення $K_{у.т}$ – відношення досягнутої трудомісткості виготовлення виробу $T_{и}$ до базового показника трудомісткості його виготовлення $T_{б.и}$:

$$K_{y.t} = \frac{T_{и}}{T_{б.и}} \quad (6.2)$$

3. Технологічна собівартість виробу C_T визначається як сума витрат на одиницю виробу при здійсненні технологічного процесу виготовлення виробу.

4. Рівень технологічності конструкції з технологічної собівартості $K_{y.c}$ визначається як відношення досягнутої собівартості виробу C_T до базового показника технологічної собівартості виробу $C_{б.т}$:

$$K_{y.c} = \frac{C_T}{C_{б.т}}, \quad (6.3)$$

5. Конструкція деталі повинна складатися зі стандартних та уніфікованих елементів або бути стандартною в цілому. Ця вимога оцінюється за коефіцієнтом уніфікації конструктивних елементів $K_{y.э}$ і визначається за формулою:

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (6.4)$$

де $Q_{y.э}$ – кількість уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

$Q_э$ – кількість типорозмірів конструктивних елементів у виробі.

Прикладами конструктивних елементів є різьби, проточки, фаски, отвори, шліци тощо. Ознакою уніфікації є використання рекомендованих відповідними стандартами розмірів цих елементів та його співвідношень.

6. Деталь повинна виготовлятися із заготовок, максимально наближених до форми готової деталі. Витрата конструкційних матеріалів для виготовлення деталей характеризується коефіцієнтом використання матеріалу $K_{и.м}$:

$$K_{и.м} = \frac{M_d}{M_з}, \quad (6.5)$$

де M_d – маса деталі;

$M_з$ – маса заготовки.

Цей показник характеризує досконалість конструкцій деталі та заготовки, технології виготовлення заготовок, а також обсяг механічної обробки різанням як найбільш трудомісткої стадії.

7. Коефіцієнт точності обробки K_{Tq} визначається за формулою

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_q}{\sum ITq \cdot n_q}, \quad (6.6)$$

де IT_{cp} – середній квалітет точності обробки поверхонь виробу:

$$IT_{cp} = \frac{\sum ITq \cdot n_q}{\sum n_q}, \quad (6.7)$$

ITq – квалітет точності обробки;

q – цифровий індекс квалітету точності поверхні деталі;

n_q – число розмірів відповідного квалітету точності (припустимо визначати n_q як число деталей, для поверхонь яких призначається однаковий квалітет точності).

Граничне значення коефіцієнта точності K_{Tq} , що забезпечує достатню технологічність конструкції деталі, не повинно бути менше 0,875. Цьому значенню відповідає середній квалітет точності деталі $IT8$. Ще більше збільшення усередненого квалітету точності знижує витрати на механічну обробку, підвищуючи технологічність конструкції.

8. Коефіцієнт шорсткості поверхні $K_{ш}$:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ra_{cp}} = \frac{\sum n_{Ra_i}}{\sum Ra_i \cdot n_{Ra_i}}, \quad (6.8)$$

де Ra_{cp} – середня величина шорсткості поверхонь деталей виробу:

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_{Ra_i}}{\sum n_{Ra_i}}, \quad (6.9)$$

Ra_i – числове значення шорсткості i -ї поверхні;

n_{Ra_i} – число поверхонь відповідної величини шорсткості, для яких дана шорсткість є однаковою (можна визначати n_{Ra_i} як число деталей, для яких шорсткість є найвищою).

Вигляд розрахункової формули для визначення технологічності за середньою величиною шорсткості всіх поверхонь деталі дозволяє наочно відобразити їхній взаємозв'язок: необґрунтоване підвищення вимог до шорсткості збільшує число етапів і знижує технологічність деталей при механічній обробці.

Середня величина шорсткості, що забезпечує достатню технологічність деталей загального машинобудування при механічній обробці, повинна перевищувати $R_a = 3,125$ мкм. Коефіцієнт шорсткості наданої величини дорівнює 0,32.

6.3 Виробнича технологічність виробів

Створення деталі, конструкція якої технологічна на виробничій стадії, передбачає надання їй основним елементам властивостей, що дозволяють застосовувати високопродуктивні та економічні способи механічної обробки в заданих умовах виготовлення при безумовному забезпеченні функціональних показників та експлуатаційних характеристик.

Чим раніше формується обрис деталей у будь-якому типі виробництва, тим менше витрачається коштів, часу та праці на забезпечення простого та економічного їх виготовлення при механічній обробці. Трудомісткість обробки будь-якої деталі на цьому етапі залежить від двох основних факторів:

- особливостей конструктивного оформлення поверхонь;
- точності розмірів і шорсткості поверхонь.

Технологічність конструктивних форм для стадії механічної обробки визначається такими характеристиками окремих поверхонь та їх поєднань, які дозволяють, наприклад, знизити площу обробки поверхонь і, відповідно, підвищити стійкість інструментів, продуктивність за рахунок зменшення периметра фрезерованих (рис. 6.3, а) або поверхонь, що протягуються (6.3, б).

Істотний вплив на трудомісткість механічної обробки має **жорсткість деталі**. У процесі обробки нежорстка деталь деформується, вібує, а це призводить до спотворення форми обробленої поверхні, що змушує знижувати інтенсивність режимів обробки.

З метою тимчасового підвищення жорсткості доводиться використовувати конструктивно складні пристрої з додатковими

опорами, що підводяться до заготовки. Більш висока жорсткість конструкції заготовки значною мірою гарантує плавне, безударне зняття припуску та відсутність вібрацій при обробці.

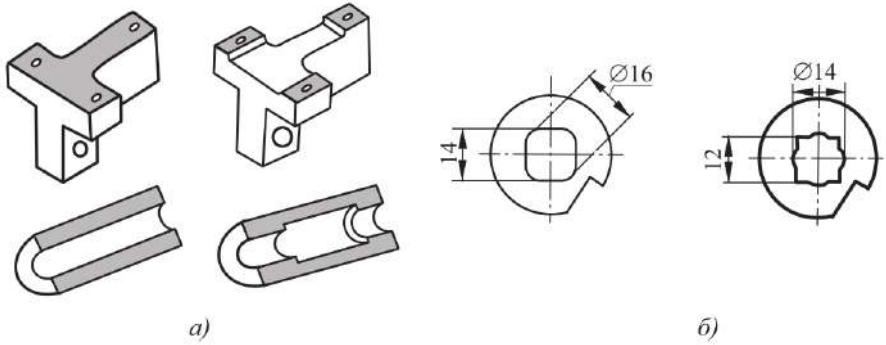


Рисунок 6.3 – Підвищення технологічності деталей за рахунок зменшення площі поверхонь, що обробляються різанням

Отже, вибір способів найбільш продуктивної обробки заготовок повинен відповідати особливостям конструктивних форм. Так, наприклад, при «пакетній» установці заготовок зубчастих коліс з розвиненою маточиною для обробки на зуборізному верстаті, через вібрації неможливо досягти необхідної шорсткості зубів (рис. 6.4, а).

Для більш продуктивної одночасної обробки трьох і більше зубчастих коліс необхідно змінити їх форму так, як показано на рис. 6.4, б, а для парної обробки – відповідно до рис. 6.4, в.

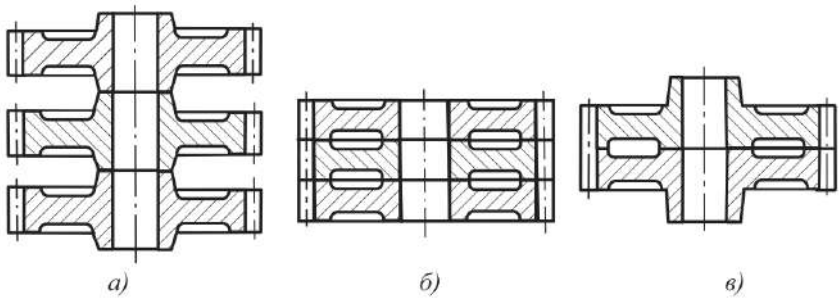


Рисунок 6.4 – Підвищення жорсткості заготовки зубчастого колеса під час обробки шляхом зміни форми маточини

Конструктивне оформлення елементів деталі значною мірою визначає частку *допоміжної праці* в загальному балансі витрат часу на обробку. Для забезпечення рівномірності припуску або необхідного взаємозв'язку оброблюваних і необроблюваних поверхонь, особливо точних, з малими припусками, часто потрібно вивіряти положення заготовки на верстаті.

Цей процес може супроводжуватися ручною розміткою, пробними проходами, численними підналаштуваннями положення заготовки або вимірюванням фактичного розташування поверхонь за допомогою вбудованих засобів контролю та корекції положення інструменту.

У будь-якому випадку ці дії подовжують технологічний процес, знижуючи його ефективність. Тому доцільно в конструкції деталі виділяти основні або передбачати додаткові поверхні, які можуть використовуватися як базові на перших операціях або єдиних технологічних баз на всьому маршруті обробки.

Як приклад зниження витрат допоміжної праці на забезпечення рівномірності розподілу припуску, можна навести конструкцію прогресивної заготовки лопатки компресора газотурбінного двигуна, в якій зроблені спеціальні установочні поверхні (сферичний технологічний виступ і циліндрична технологічна бобишка на торці пера), що використовуються як технологічні бази (рис. 6.5).

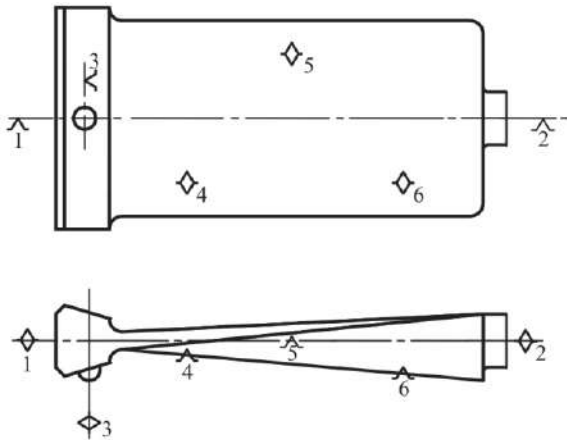


Рисунок 6.5 – Базування заготовок лопаток (перша операція) з використанням технологічних бобишок

Завдяки цьому виключається вивірка її положення при встановленні та закріпленні на верстаті і, отже, знижується допоміжний час.

Трудомісткість обробки заготовок залежить від кількості її установок на верстатах. Можливість **зменшення числа установок** заготовки в процесі її обробки безпосередньо пов'язана з розташуванням поверхонь, що обробляються.

Зокрема, економічність обробки заготовок на токарних або розточувальних верстатах буде значно вищою, якщо обробка ведеться за одну установку. Для цього в конструкції деталі доцільно передбачити наскрізний отвір, а діаметри ділянок, що обробляються, ступінчасто змінювати водному напрямку (рис. 6.6).

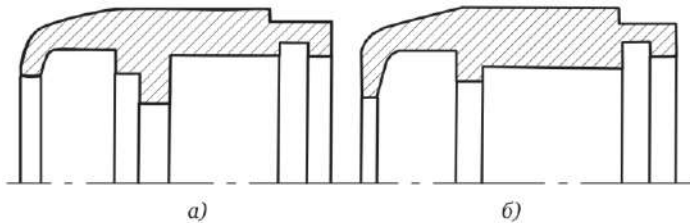


Рисунок 6.6 – Приклад конструктивних виконань кришки підшипника редуктора, оброблених за дві (а) і одну (б) установки

Зручність підведення та виходу інструменту, доступність оброблених поверхонь має велике значення для зменшення трудомісткості механічної обробки. Фрезерування поверхні, позначеної потовщеною лінією (рис. 6.7, а), неможливе через наявність уступу 1.

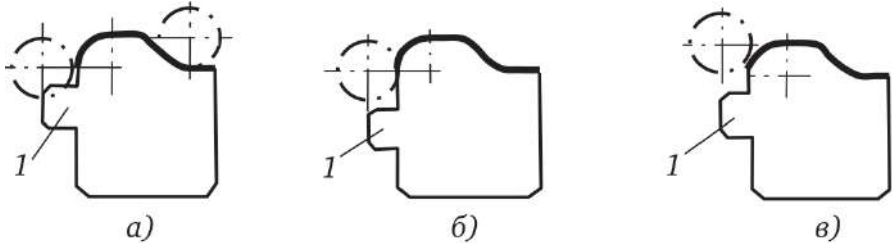


Рисунок 6.7 – Підвищення технологічності шляхом забезпечення вільного підведення інструменту до оброблюваної поверхні

Якщо уступ опустити ближче до основи деталі (рис. 6.7, б) або змінити контур оброблюваної поверхні (рис. 6.7, в), то з'являється можливість безперервної обробки всього контуру однією фрезою і за одну установку.

Не менш важливою умовою для зниження трудомісткості механічної обробки є необхідність забезпечення вільного входу та виходу інструменту. Це положення ілюструється на прикладі обробки зубів на шийці валу, западина яких виступає (рис. 6.8, а) або занижена щодо рівня зовнішньої поверхні валу (рис. 6.8, б).

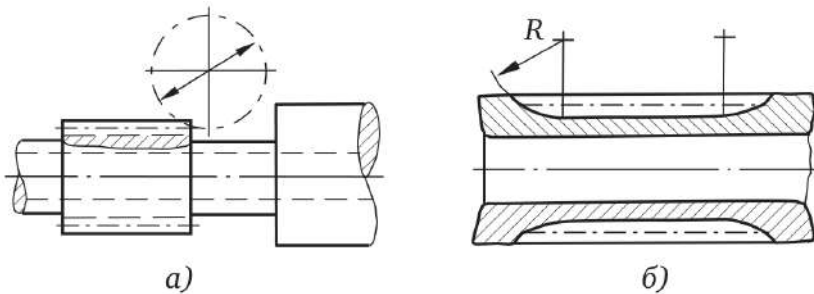


Рисунок 6.8 – Форми деталей, що забезпечують вільний вихід інструменту

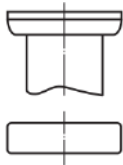
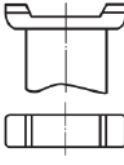
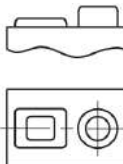
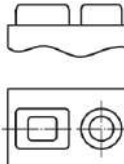
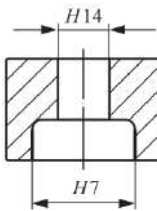
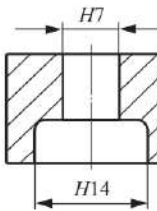
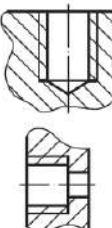
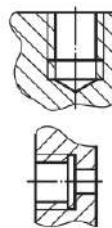
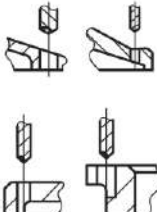
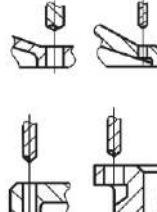
В останньому випадку обробка заготовки методом автоматичного одержання розмірів на заздалегідь налаштованому універсальному верстаті неможлива, оскільки потрібна організація складної траєкторії настановних та робочого рухів.

Приклади технологічних конструкцій з погляду виробництва наведено у табл. 6.1.

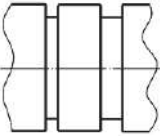
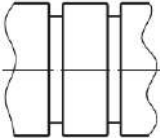
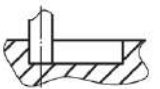
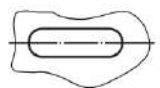
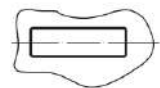
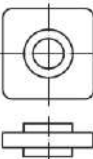



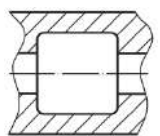
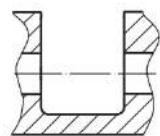
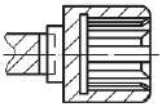

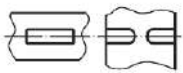


Трудомісткість механічної обробки безпосередньо пов'язана із забезпеченням необхідної точності розмірів деталей машин. Найбільш технологічними є деталі, розміри яких обмежені більшими допусками.

Допуски розмірів деталей повинні формувати дійсно необхідні поєднання їх поверхонь, які забезпечать нерухомість або можливість відносного переміщення відповідно до заданого закону руху виконавчих ланок механізму. Часто завищені вимоги до функціональної точності машин пояснюються прагненням домогтися тотожності відносних переміщень «ідеального» і реального механізмів, не зважаючи на те, що ці відмінності можуть бути малими.

Таблиця 6.1 – Приклади технологічних конструкцій деталей

Основні технологічні вимоги	Характеристика конструкції		Переваги технологічної конструкції
	Нетехнологічна	Технологічна	
Оброблені площини не повинні бути суцільними			<ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення витрати інструмента. 2. Зниження трудомісткості
Оброблені площини слід розташовувати на одному рівні			<ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість обробки за прохід. 2. Можливість обробки кількох деталей одночасно. 3. Спрощення контролю
У ступінчастих отворах найбільш точний рівень слід робити наскрізним			<ol style="list-style-type: none"> 1. Зниження трудомісткості. 2. Підвищення точності обробки та стійкості інструмента. 3. Спрощення конструкції інструменту
Глухі отвори з різьбою повинні мати канавки для виходу інструменту			<ol style="list-style-type: none"> 1. Поліпшення якості різьби. 2. Поліпшення якості роботи інструмента. 3. Підвищення продуктивності
Можливість нормального входу та виходу різального інструменту			<ol style="list-style-type: none"> 1. Оберігання інструменту від поломок. 2. Підвищення точності свердління. 3. Підвищення продуктивності

Продовження табл. 6.1

Основні технологічні вимоги	Характеристика конструкції		Переваги технологічної конструкції
	Нетехнологічна	Технологічна	
Геометричні елементи деталі мають бути уніфіковані за формою і розмірами			<ol style="list-style-type: none"> 1. Скорочення номенклатури необхідного інструмента. 2. Підвищення продуктивності
Слід уникати закритих пазів, оброблених кінцевими фрезами	 	 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Застосування продуктивнішого інструменту. 2. Зниження трудомісткості. 3. Поліпшення умов роботи інструменту та особливо його врізання
Безударна робота інструменту	 	 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Захист інструменту від поломок. 2. Плавні врізання інструменту в матеріал заготовки та його вихід
Вільний доступ до поверхні, що обробляється			<ol style="list-style-type: none"> 1. Спрощується процес обробки. 2. Зменшення трудомісткості. 3. Підвищення продуктивності
Слід уникати закритих гнізд та ненаскрізних пазів		-	Можливість обробки отвору продуктивним методом - протягуванням
Слід уникати закритих гнізд і ненаскрізних пазів	 	 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Скорочення кількості проходів. 2. Спрощення конструкції ріжучого інструменту. 3. Зниження трудомісткості

Досвід механічної обробки показує, що технологія стає дорожчою і складнішою із зростанням розмірів оброблюваних поверхонь та зменшенням допусків на них. Якщо уявити в умовних одиницях вартість оброблення отворів (валів) залежно від допусків на їхні розміри, то принциповий взаємозв'язок витрат на оброблення і точності виготовлення буде істотно нелінійним (рис. 6.9).

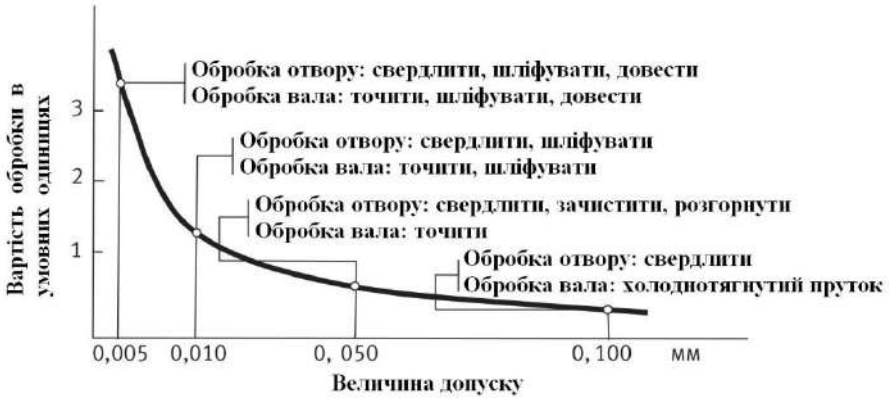


Рисунок 6.9 – Залежність витрат на механічну обробку від необхідної точності

Від шорсткості сполучених поверхонь деталей машин залежить їхня зносостійкість, міцність нерухомих сполучень, витривалість, корозійна стійкість та інші фактори, що зумовлюють безвідмовність та довговічність роботи. Тому вибору шорсткості поверхонь кожної деталі, що виготовляється, слід приділяти серйозну увагу.

Проте висотні та інші параметри шорсткості повинні відповідати як експлуатаційним умовам, а й умовам економічного виготовлення деталей, тобто. досягатися найменш складним і найбільш продуктивним способом. Параметри шорсткості та допуски на розміри оброблюваної поверхні взаємозалежні та повинні відповідати один одному (табл. 6.2).

Шорсткість сполучених поверхонь деталей, навіть оброблюваних на одній операції, часто не виходить однаковою. Наприклад, при шліфуванні циліндричної поверхні і прилеглого до неї торця шорсткість останнього через різні умови різання буде приблизно на один ступінь нижче.

Таблиця 6.2 – Рекомендований взаємозв'язок точності лінійних розмірів та шорсткості поверхонь

Допуск розміру, мкм	Параметр шорсткості, мкм
0,5...1,0	Ra 0,05... 0,1
1,0...2,0	Ra 0,1... 0,08
2,0... 3,5	Ra 0,08... 0,1
3,5...6,5	Ra 0,1... 0,2
6,5...13	Ra 0,2... 0,4
13...25	Ra 0,4...0,8
25...40	Ra 0,8... 1,6
40...75	Ra 1,6...3,2
75...150	Rz 3,2...25
150...250	Rz 25...50
250...500	Rz 50...100
500...800	Rz 100...200
800 і більше	Rz 200 і більше

Тому при технологічному аналізі креслення деталі слід звертати увагу на обґрунтованість призначення шорсткості сполучених поверхонь. Подані рекомендації щодо технологічного аналізу конструкції деталі не є вичерпними. Існують також інші, якими слід керуватися при конструюванні та технологічному відпрацюванні конструкції деталей. Практично важливими є такі вимоги:

- чіткий поділ поверхонь, що обробляються з різною точністю;
- скорочення кількості типорозмірів оброблюваних елементів деталей;
- надання оброблюваним поверхням форм, що забезпечують рівномірну і ненаголошену роботу інструментів;
- виключення одностороннього впливу припуску на розмірний багатолезовий інструмент (свердла, зенкери, розгортки) при обробці;
- неприпустимість спільної обробки деталей, в результаті якої порушується безперервність виробничого циклу, знижується взаємозамінність деталей в експлуатації.

6.4 Базування та бази у машинобудуванні

Визначення відносного положення деталі в машині в процесі її роботи та подальше її виготовлення – є найважливішим завданням,

вирішення якого впливає на якість деталей та машини загалом. Для її вирішення існує теорія базування, вихідні принципи та теоретичні положення якої засновані на законах теоретичної механіки та регламентовані ГОСТ 21495–76 «Базування та бази у машинобудуванні. Терміни та визначення».

Теоретична механіка розглядає два стани твердого тіла «спокою» та «руху». Ці поняття відносні, тому необхідно вказувати систему відліку. Якщо положення тіла щодо обраної системи відліку з часом не змінюється, то вважається, що це тіло покоїться відносно даної системи відліку.

Якщо ж тіло змінює своє положення щодо обраної системи відліку, то тіло перебуває в русі. Необхідне положення або рух тіла досягається накладенням геометричних або кінематичних зв'язків.

Зв'язками в теоретичній механіці називають умови, які накладають обмеження або лише на положення, або також на швидкість переміщення тіла. У першому випадку – геометричний зв'язок, у другому – кінематичний. Зв'язки зазвичай здійснюються у вигляді різних тіл, що обмежують свободу руху даного тіла.

Незалежні переміщення, які може мати тіло, називають **ступенями свободи**. Абсолютно тверде тіло має шість ступенів свободи: 3 переміщення щодо трьох взаємно перпендикулярних координатних осей і 3 обертання навколо цих осей (рис. 6.10).

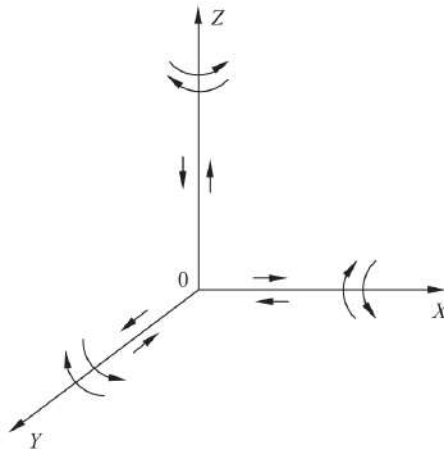


Рисунок 6.10 – Ступені свободи абсолютно твердого тіла

Для того щоб визначити положення будь-якого твердого тіла в просторі, необхідна і достатня в обраній системі координат наявність шести геометричних зв'язків, які при з'єднанні деталей перетворюються на 6 опорних точок. Це положення отримало назву «правило шести точок».

Виходячи зі службового призначення, окремим деталям залишають один або більше ступенів свободи. Наприклад, шпindel токарного верстата має одну ступінь свободи – обертання навколо власної осі. При обробці деталі розглядається положення деталі у пристосуванні і деталь, як правило, позбавляється всіх шести ступенів свободи.

Базування – надання заготовці або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат.

Опорна точка – точка, що символізує один із зв'язків заготовки або виробу з обраною системою координат.

Базою називається поверхня або поєднання поверхонь що виконує цю функцію, вісь, точка, що належить заготовці або виробу і використовується для базування.

Комплект баз – це сукупність трьох баз, що утворюють систему координат заготовки чи виробу.

Розуміння геометричних зв'язків 1÷6 (рис. 6.11÷6.13), кожна з яких визначає одну з координат, а отже, позбавляє одного ступеня свободи, має важливе значення для успішного вирішення питань базування. Таким чином, положення деталі визначається за допомогою шести координат.

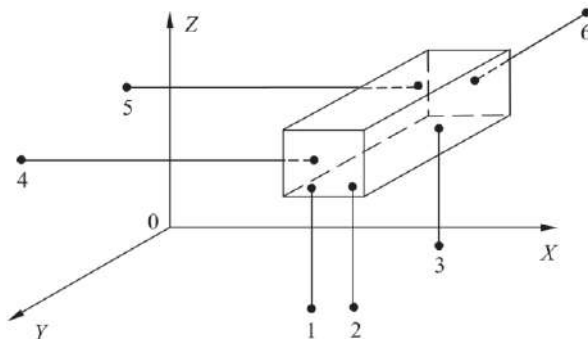


Рисунок 6.11 – Визначення положення призматичного тіла

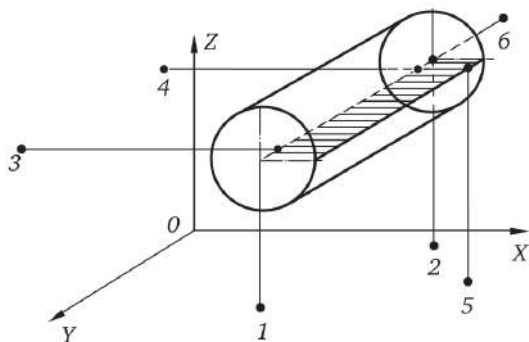


Рисунок 6.12 – Визначення положення валу

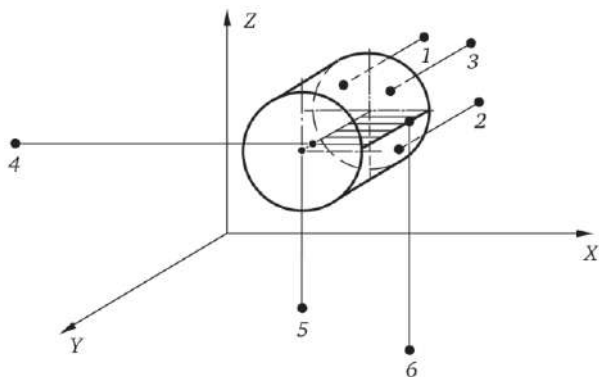


Рисунок 6.13 – Визначення положення диска

Теоретично базування деталі (виробу тощо) пов'язане з позбавленням її шести ступенів свободи за допомогою шести геометричних зв'язків, які при з'єднанні деталей перетворюються на 6 опорних точок.

Іноді не потрібно позбавляти заготовку всіх ступенів свободи, оскільки це ускладнює конструкцію пристосування. Так, при фрезеруванні шпонкової канавки на циліндричному валу кутове положення заготовки щодо осі X не фіксується, заготовка встановлена на п'ять точок (рис. 6.14). При обробці плоскої деталі по поверхні для забезпечення розміру по товщині, відпадає необхідність у фіксації положення деталі в горизонтальній площині і щодо осі Z і деталь встановлена на три точки (рис. 6.15).

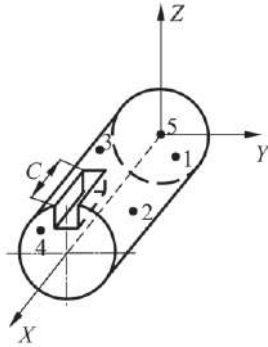


Рисунок 6.14 – Установка заготовки з позбавленням п'яти ступенів свободи

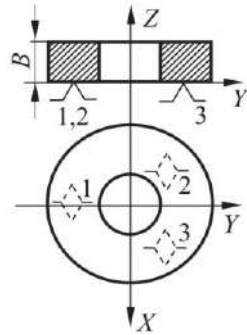


Рисунок 6.15 – Установка заготовки з позбавленням трьох ступенів свободи

Для розміщення шести опорних точок необхідна наявність у деталі трьох поверхонь або поєднання, що їх замінює, тобто необхідна координатна система.

Схема базування – це схема розміщення опорних точок на базах заготовки або виробу.

При розробці схем базування необхідно дотримуватися наступних правил. Усі опорні точки на схемі базування зображують умовними позначеннями (рис. 6.16 і 6.17) і нумерують порядковими номерами, починаючи з бази, де розміщується найбільша кількість опорних точок. В якості прикладу на рис. 6.16 представлено схему базування призматичної деталі.

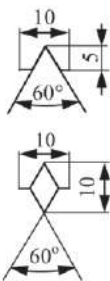


Рисунок 6.17 – Умовне позначення опорної точки

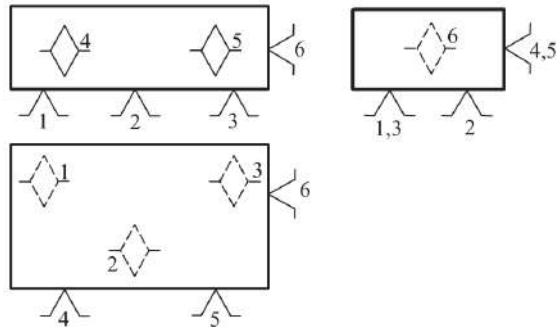


Рисунок 6.16 – Схема базування призматичної деталі

При накладенні в будь-якій проекції однієї опорної точки на іншу зображується одна точка і біля неї проставляються номери суміщених або співпавших точок (наприклад, на рис.6.16 точки 1 і 3, 4 і 5 на вигляді зліва). Число проєкцій заготовки або виробу на схемі базування має бути достатнім для чіткого уявлення про розташування опорних точок.

6.4.1 Класифікація баз

Бази класифікують за призначенням, позбавленими ступенями свободи та характером прояву (рис. 6.18).

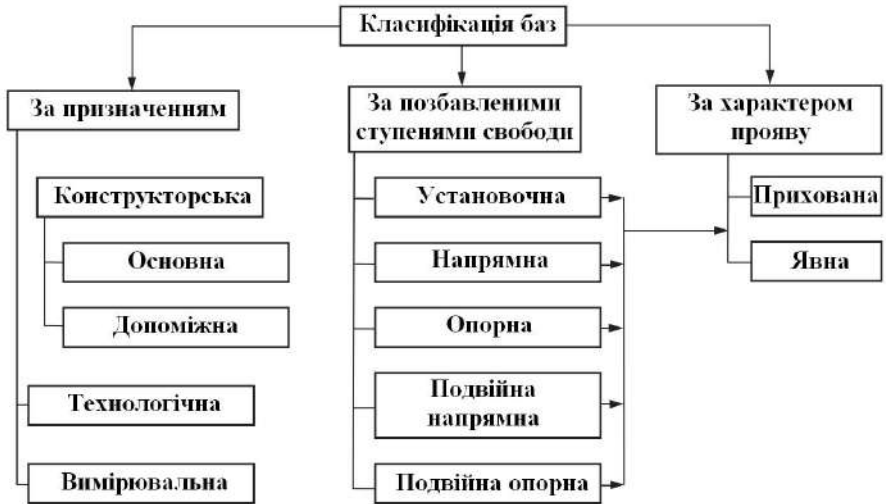


Рисунок 6.18 – Класифікація баз

Конструкторська база – база, що використовується для визначення положення деталі або складальної одиниці у виробі.

Основна база – конструкторська база, що належить даній деталі або складальній одиниці і використовується для визначення її положення у виробі.

Допоміжна база – конструкторська база, що належить даній деталі або складальній одиниці і використовується для визначення положення деталей, що приєднуються (складальних одиниць) щодо

даної деталі (складальної одиниці).

Технологічна база – база, що використовується для визначення відносного положення заготовки (виробу) у процесі виготовлення або ремонту.

Вимірювальна база – база, що використовується для визначення відносного положення заготовки або деталі та засобів вимірювання.

Основними і допоміжними можуть бути лише конструкторські бази. У той же час основна конструкторська база може бути вимірювальною або технологічною.

Установча база – база, що позбавляє заготовку (виріб) трьох ступенів свободи: переміщення вздовж однієї координатної осі та поворотів навколо двох інших осей. Наприклад, на рис. 6.15 опорні точки 1, 2, 3 утворюють настановну базувальну поверхню (установлювальну базу).

Напрямна база – база, що позбавляє заготовку (виріб) двох ступенів свободи: переміщення вздовж однієї координатної осі та повороту навколо іншого. Наприклад, опорні точки 4 та 5 на рис. 6.14 утворюють напрямну базувальну поверхню (напрямну базу).

Опорна база – база, що позбавляє заготовку (виріб) одного ступеня свободи: переміщення вздовж однієї координатної осі або повороту навколо цієї осі. Наприклад, опорна точка 6 на рис.6.16 утворює опорну базову поверхню (опорну базу).

Подвійна напрямна база – база, що позбавляє заготовку (виріб) чотирьох ступенів свободи: переміщення вздовж двох координатних осей і поворотів навколо цих осей. Наприклад, на рис. 6.12 опорні точки 1, 2, 3, 4 утворюють подвійну напрямну базующую поверхню (подвійну напрямну базу).

Подвійна опорна база – база, що позбавляє заготовку (виріб) двох ступенів свободи: переміщення вздовж двох координатних осей. Наприклад, на рис. 6.13 опорні точки 4 і 5 утворюють подвійну опорну базову поверхню (подвійну опорну базу).

Явна база – база заготовки (виробу) у вигляді реальної поверхні, розмічувальної риски або точки перетину рисок.

Прихована база — база заготовки або виробу у вигляді уявної площини, осі або точки.

Повне та коротке найменування баз за декількома класифікаційними ознаками ведеться в наступному порядку: за призначенням, позбавленим ступеням свободи, характеру прояву.

Наприклад, «технологічна спрямовуюча прихована база», «вимірювальна опорна явна база», «конструкторська основна установочна явна база» тощо.

6.4.2 Правила вибору баз

При виборі технологічних баз потрібно керуватися такими правилами.

1. Як технологічну базу бажано вибирати конструкторську базу.

2. На першій операції технологічну базу слід вибирати з урахуванням вирішення одного з двох завдань: рівномірного розподілу припуску між оброблюваними поверхнями деталі або забезпечення розмірного зв'язку між поверхнями, що підлягають обробці і поверхнями необроблюваними.

3. Як установочну технологічну базу слід вибирати поверхню, що має найбільшу протяжність у двох взаємно–перпендикулярних напрямках.

4. Як напрямну технологічну базу необхідно вибирати поверхню, що має найбільшу протяжність в одному напрямку.

5. В якості опорної технологічної бази необхідно вибирати поверхню, що має найменші габарити.

6. Поверхні, які будуть використані як технологічна база надалі, повинні бути оброблені на першій операції, бажано за один установочний етап.

Приклади схем базування наведено у табл. 6.3.

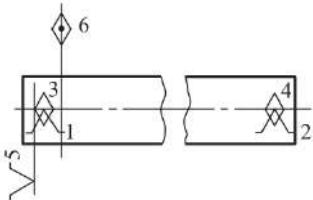
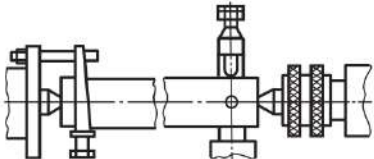
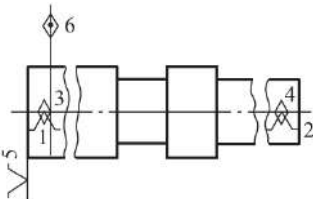
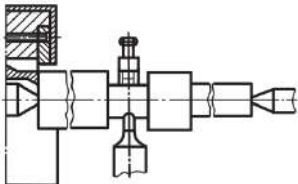
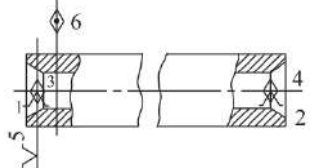
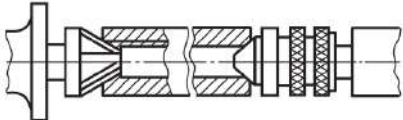
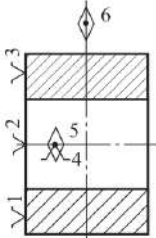
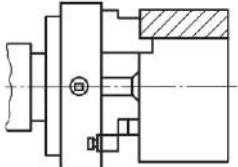
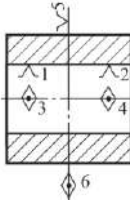
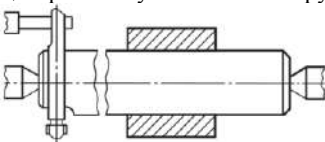
Під **принципом єдності** баз розуміється використання одних і тих самих поверхонь як базових на переважній більшості операцій технологічного процесу.

Класичним прикладом використання принципу єдності баз є обробка деталі в центрах, під час якої на всіх операціях, окрім першої, використовуються одні й ті самі бази.

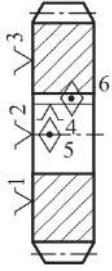
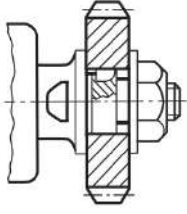
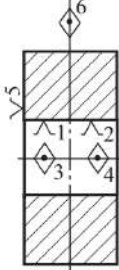
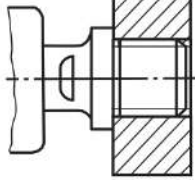
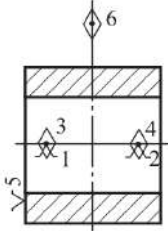
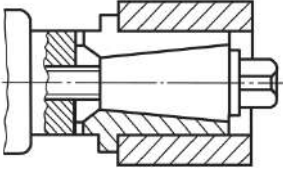
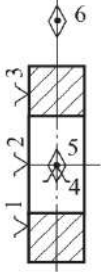
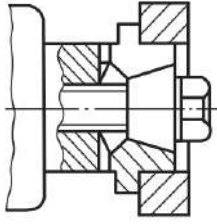
Правила вибору баз і принцип єдності баз часто суперечать одне одному. Наприклад, при обробці деталі в центрах виконується принцип єдності баз, але не виконуються правила вибору баз (конструкторська база не збігається з технологічною).

У результаті замість одного розміру (діаметра) необхідно витримувати два розміри (два радіуси). Отже залежно від конкретних умов виконуються відповідні вимоги теорії базування.

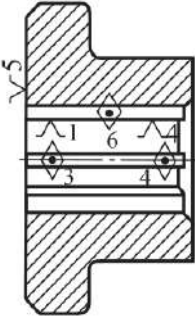
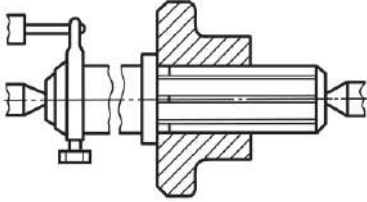
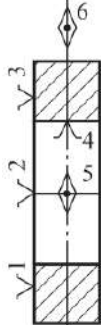
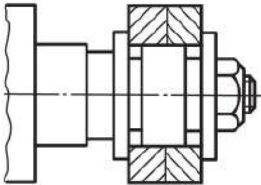
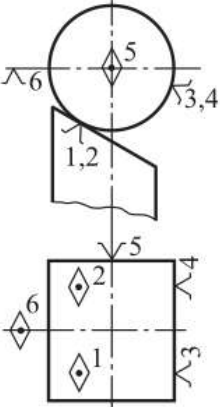
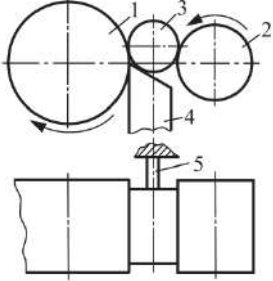
Таблиця 6.3 – Приклади схем базування деталей

Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>У центрах із повідцем (з обертовим заднім центром)</p> 
	<p>У центрах з плаваючим переднім центром</p> 
	<p>У центрах з рифленим і обертовим центром</p> 
	<p>У трьохкулачковому патроні в розжим з базуванням по торцю та отвору</p> 
	<p>На жорсткій центровій конусній або циліндричній оправці із зазором у центрах з базуванням по отвору</p> 

Продовження табл. 6.3


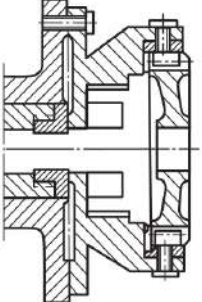
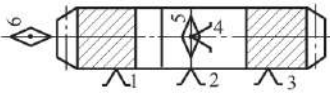
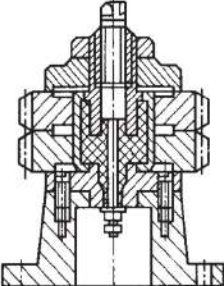
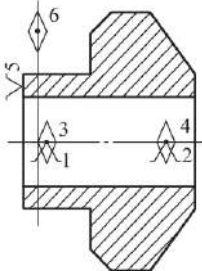
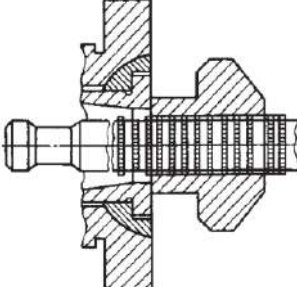
Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>На консольній оправці зі шпонкою з базуванням по торцю, отвору і шпонковому пазу</p> 
	<p>На різьбовій консольній оправці з базуванням по різьбі та торцю</p> 
	<p>На розжимній консольній оправці з базуванням по отвору і торцю</p> 
	<p>На розжимній консольній оправці з базуванням по торцю та отвору</p> 

Продовження табл. 6.3

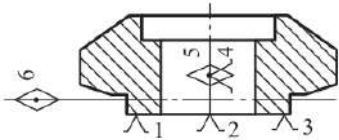
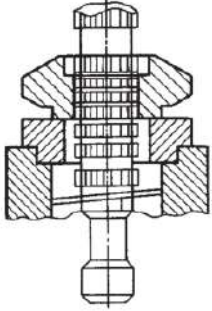
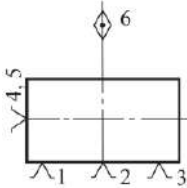
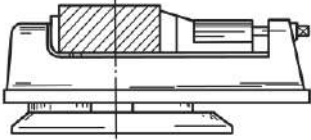
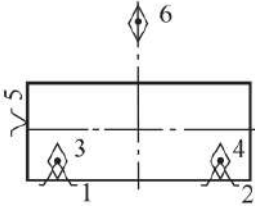
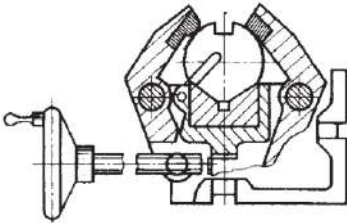
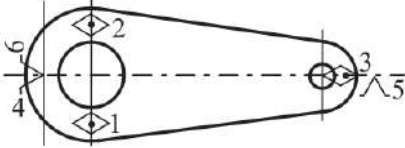
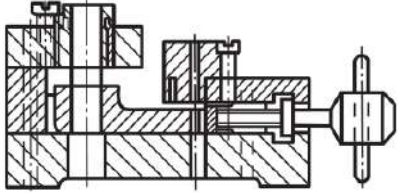
Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>На шліцьовій оправці в центрах із базуванням по отвору, торцю і шліцьовим поверхням</p> 
	<p>На жорсткій консольній оправці з базуванням по торцю і отвору з зазором</p> 
	<p>По оброблюваній поверхні при безцентровому візному шліфуванні</p>  <p>1 - шліфувальний круг; 2 - ведучий круг; 3 - заготовка; 4 - опора; 5 - поздовжній упор</p>

Продовження табл. 6.3

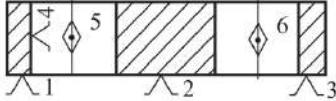
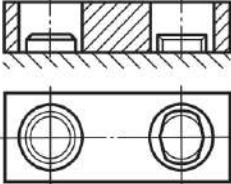
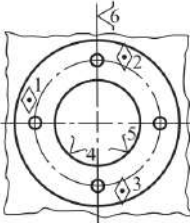
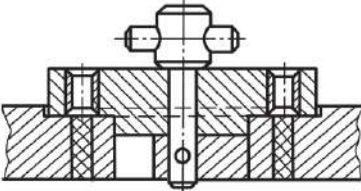
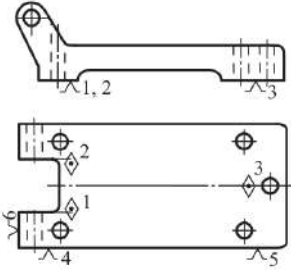
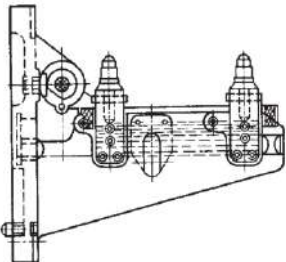
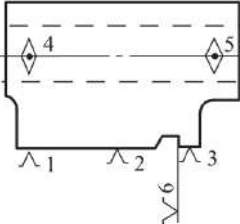
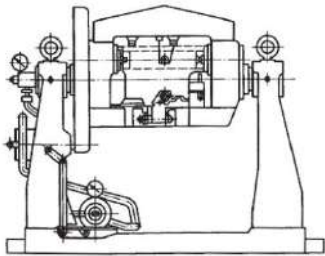
Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>На оправці з установкою по отвору і торцю</p>
	<p>На жорсткій оправці з кріпленням по торцю, отвору із зазором</p>
	<p>На оправці в розжим із базуванням по отвору і торцю</p>

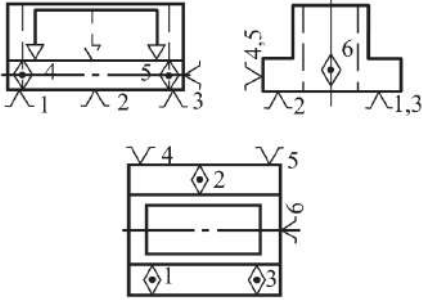
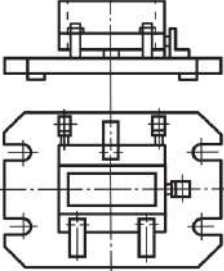
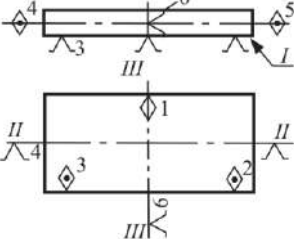
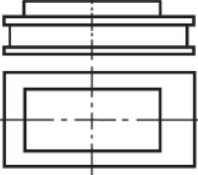
Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
 <p data-bbox="128 614 554 662">Точки 4 і 5 знаходяться на осі ділильного кола і умовно не показані</p>	<p data-bbox="621 247 957 327">У пристосуванні з роликами з базуванням по торцю і діаметру ділильного круга</p> 
	<p data-bbox="593 678 980 726">Кріплення на оправці з гідропластом, базування по торцю і отвору</p> 
	<p data-bbox="604 1061 968 1109">Базування по отвору і торцю (сферична опора при протягуванні)</p> 

Продовження табл. 6.3

Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>Базування по торцю та отвору з жорсткою опорою при протягуванні</p> 
	<p>У машинних лещатах</p> 
	<p>У призматичних лещатах</p> 
	<p>Кріплення в призмах, права призма рухома</p> 

Продовження табл. 6.3

Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>На площину, круглий і зрізаний пальці з вертикальними осями</p> 
	<p>У накладному кондукторі</p> 
	<p>У кондукторі на поворотному столі</p> 
	<p>У кондукторі на поворотному пристосуванні</p> 

Теоретична схема базування	Опис та схема встановлення
	<p>По площині основи і двом бічним сторонам</p> 
	<p>По площині (на магнітній плиті)</p> 

Примітка. На теоретичних схемах базування цифрами 1÷6 позначені опорні точки.

Зміна баз – це навмисна або випадкова заміна одних баз іншими зі збереженням їхньої приналежності до конструкторських, технологічних або вимірювальних баз. Розрізняють організовану та неорганізовану зміну баз. Під організованою (навмисною) зміною баз розуміється така зміна, коли дотримуються певних правил (перерахунок розмірів, ув'язування старої та нової бази, тощо).

Організована зміна баз є керованою.

Під **неорганізованою (випадковою) зміною баз** розуміється зміна баз без дотримання перерахованих вище правил. Неорганізована схема баз є некерованою. Кожна зміна баз супроводжується появою додаткової похибки, оскільки збільшується кількість ланок у розмірному ланцюгу, з'являється ланка, яка «зв'язує» новообрану базу з попередньою. Тому необхідно прагнути до того, щоб усі поверхні

заготовки оброблялися від тих самих технологічних баз, тобто треба дотримуватися принципу єдності баз.

6.4.3 Похибка базування

Похибка базування – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу під час базування від необхідного. Похибка базування визначається розрахунком, а також залежно від схеми базування може бути визначена за табл. 6.4.

Похибку базування можна представити як різницю між граничними положеннями проекцій вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру. Так, для схеми на рис. 6.19, а при установці заготовки на площину похибка базування для розміру A $\Delta\epsilon_{\delta_A} = 0$, так як поверхня 1 є для цього розміру одночасно і установочною, і вимірювальною базою. Аналогічно для розміру E похибка базування $\Delta\epsilon_{\delta_E} = 0$. Для розміру B установочною базою є поверхня 1, а вимірювальною – поверхня 2. Похибка базування $\Delta\epsilon_{\delta_B}$ в цьому випадку дорівнює $2TC$, тобто допуску на розмір C .

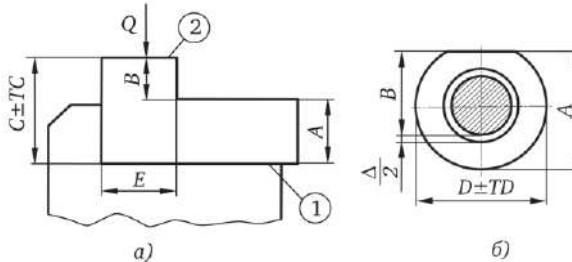


Рисунок 6.19 – Схеми визначення похибки базування (Q — сила затиску)

При встановленні на охоплюваний або охоплюючий установочний елемент, до похибки базування, що визначається попереднім способом, слід додати проекцію зміщення вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру в результаті зазору між установочною базою і установочним елементом пристосування (рис. 6.19, б). При встановленні деталі без зазору похибка базування для розміру A дорівнює половині допуску на діаметральний розмір заготовки, тобто $\Delta\epsilon_{\delta_A} = \frac{TD}{2}$, а для розміру B $\Delta\epsilon_{\delta_B} = 0$.

Таблиця 6.4 – Похибка базування при встановленні заготовок у пристосуваннях

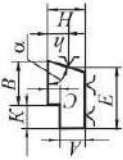
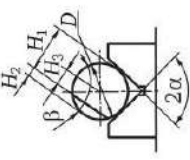
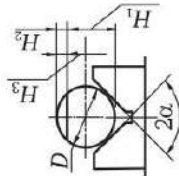
Схема	Базування	Схема установки	Витримуваний розмір	Похибка базування $\Delta \epsilon_6$
1	По двох плоских поверхнях Обробка уступу		A B C K	0 $Th \times \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$ 0 при $\alpha = 90^\circ$ TH TE
2	По зовнішній циліндричній поверхні У притлі під час обробки плоскої поверхні паза		H ₁ H ₂ H ₃	$0,5TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1 \right)$ при $\beta = \alpha \dots 90^\circ$ $0,5TD \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \right)$ при $\beta = 0 \dots \alpha$ $0,5TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1 \right)$ $0,5TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \right)$
3	По зовнішній циліндричній поверхні Те саме, при $\beta = 90^\circ$		H ₁ H ₂ H ₃	$0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$ $0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$ $0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}$

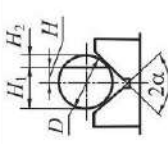
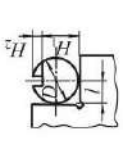
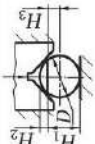
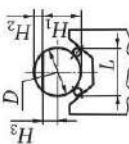
Схема	Базування	Схема установки	Витримуваний розмір	Похибка базування $\Delta\varepsilon_{\xi}$
4	Теж при $\beta = 0$		H_1 H_2 H_3	$0,5TD$ $0,5TD$ 0
5	У призмі при обробці плоскої поверхні або паза		1 H_1 H_2	$0,5TD$ 0 TD
6	Те саме при $2\alpha = 180^\circ$ і закриті призмою		H_1 H_2 H_3	0 TD $0,5TD$
7	Те саме, але призма виконана зі сферичними опорами		H_1 H_2 H_3	$A - 0,5TD$ $A + 0,5TD$ A
$A = \sqrt{(r + 0,5D_{\min})^2 - 0,5L^2} - \sqrt{(r + 0,5D_{\min})^2 - 0,25L^2}$				де L - відстань між центрами опор; r - радіус сферичної опори; D - лінійний розмір заготовки

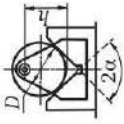

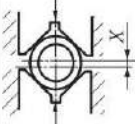

Схема	Базування	Схема установки	Витримуваний розмір	Похибка базування Δz_6
8	У призмі при свердловині отвір по кондуктору		h	$0,57D \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$ при $h > 0,5D$
				$0,57D \frac{1}{\sin \alpha}$ при $h = 0,5D$
9	Те саме при $2\alpha = 180^\circ$ і зяцямі призмою		h	$0,57D \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$ при $h < 0,5D$
10	Те саме, але при використанні самоцентруючих призм		X	0
11	По отвору На палєць установчий шлідричний (оправку) із зазором при обробці плоскої поверхні або паза		$H_1; H_2$	$0,57D + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$
			H_3	$2e + Td_1 + Td_2 + 2\Delta$
			H_4	$Td_1 + Td_2 + 2\Delta$



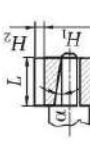

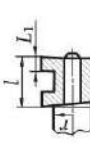
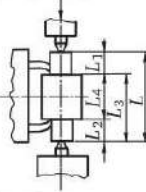
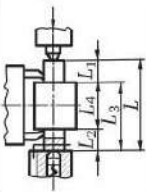
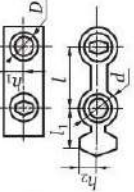
Схема	Базування	Схема установки	Вигирму ваній розмір	Похибка базування Δe_g
12	Те саме, але з одностороннім притисканням заготовки		$H_1; H_2$ H_3 H_4	$0,5TD + 2e + 0,5Td_1$ $2e + 0,5Td_1 + 0,5Td_2$ $0,5Td_1 + 0,5Td_2$
13	На палець (оправку) з натягом або на розжимну оправку		$H_1; H_2$ H_3 H_4	$0,5TD + 2e$ $2e$ 0
14	На палець (оправку) із зазором. Торень заготовки не перпендикулярний осі базового отвору		$H_1; H_2$	$0,5TD + 2e + Td_1 + Td + 2\Delta - 2Ltg\alpha$
15	Те саме, але з одностороннім притисканням заготовки		$H_1; H_2$	$0,5TD + 2e + 0,5Td_2 + 2Ltg\alpha$
16	На палець (оправку) без зазору. Торень заготовки неперпендикулярний осі базового отвору		L_1	$Td_1 + 2Ltg\alpha$

Схема	Базування	Схема установки	Витримуваний розмір	Похибка базування ΔE_B
17	<i>До центрованих гнізд</i> На жорсткий передній центр		L_1	$TL + \Delta_u$
			$L_2; L_3$	$\Delta_u = Td/\text{tg}\alpha$
			L_4	0
18	Те саме, але з використанням плаваючого переднього центру		L_1	TL
			$L_2; L_3; L_4$	0
19	<i>До двох отворів</i> На найближчій під час обробки верхній поверхні		h_1	$2\Delta + Td_1 + Td_2$
			h_2	$(2\Delta + Td_1 + Td_2)$

Примітки: 1. На схемах 11÷19: H_3 - розмір від обробленої поверхні до осі зовнішньої поверхні;

H_4 - те саме, до осі отвору; e - ексцентриситет зовнішньої поверхні відносно отвору; Td_1 - допуск на діаметр отвору; Td_2 - допуск на діаметр пальця; Δ - мінімальний радіальний зазор посадки заготовки на палець; TL - допуск на довжину заготовки.

2. Похибка базування в схемах 11÷16 включає похибку пристосування $\Delta\varepsilon_{пр}$.

3 На схемі 17: Td - допуск на діаметр центрального отвору; α - половина кута центрального отвору;

Δ_u - похибка глибини центрального отвору (просадка центру).

При куті центру $2\alpha = 60^\circ$ просідання центрів Δ_u можна приймати таким чином:

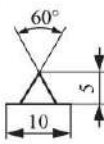


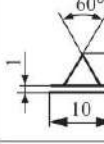


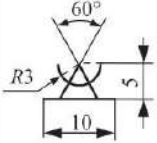


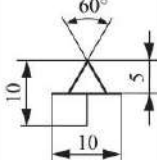


Найбільший діаметр центрального отвору, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7; 5; 10	12,5; 15	20; 30
Δ_u , мм	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25

За наявності зазору між отвором заготовки та настановним елементом, рівного $\Delta/2$, похибка базування для розміру A $\Delta\varepsilon_{бА} = TD + \Delta$, а для розміру B — $\Delta\varepsilon_{бВ} = \Delta$. Для зменшення похибки базування слід прагнути до суміщення настановних та вимірювальних баз, а також зменшення або усунення зазорів при посадці заготовки на установочні елементи.

6.4.4 Опори та їх позначення

Кожна опорна точка на кресленні технологічного оснащення під час обробки матеріалізується опорою, до якої притискається заготовка. Позначення опор відповідно до ГОСТ 3.1107–81 наведено у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Позначення опор згідно ГОСТ 3.1107-81

Найменування опори	Позначення опори на видах		
	Спереду, ззаду	Зверху	Знизу
Нерухома			
Рухома			
Плаваюча			
Регульована			

Допускається позначення рухомої, плаваючої та регульованої опор на видах зверху та знизу зображати, як позначення нерухомої опори на аналогічних видах. Позначення зажимів наведено у табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Позначення зажимів

Найменування зажиму	Позначення зажиму на видах		
	Попереду, ззаду	Зверху	Знизу
Одиночний			
Подвійний			

Для подвійних зажимів довжина плеча встановлюється розробником залежно від відстані між точками докладання сил. Відповідно до ГОСТ 3.1107–81 допускається спрощене графічне позначення подвійного зажиму (рис. 6.20).

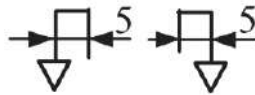


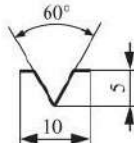
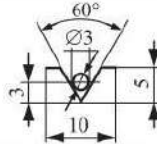
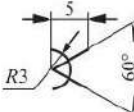
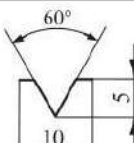


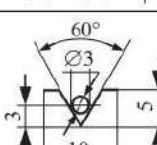


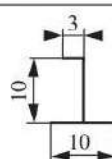


Рисунок 6.20 – Спрощене графічне позначення подвійного зажиму

Позначення подвійного зажиму у вигляді спереду чи ззаду при збігу точок докладання сили допускається зображати як позначення одиночного зажиму на аналогічних видах.


Позначення установочних пристроїв наведено в табл. 6.7.

Установочно–зажимні пристрої слід позначати як поєднання позначень установочних пристроїв і зажимів (табл. 6.8).

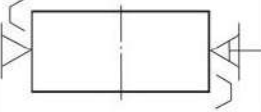
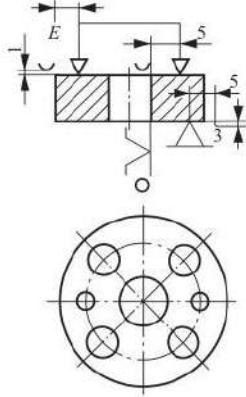
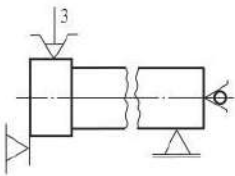
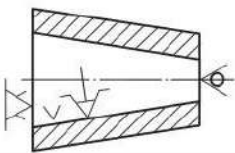
Таблиця 6.7 – Позначення установочних пристроїв

Найменування установочного пристрою	Позначення установочного пристрою на видах		
	Попереду, ззаду, зверху, знизу	Зліва	Справа
Центр нерухомий		Те саме	Те саме
Центр обертовий		Те саме	Те саме
Центр плаваючий		Те саме	Те саме
Оправка циліндрична			
Оправка кулькова (роликів)			
Патрон повідковий			

Примітки: 1. Позначення зворотних центрів слід виконувати у дзеркальному зображенні.

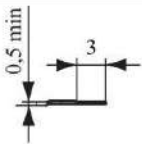
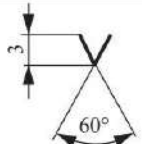
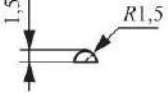
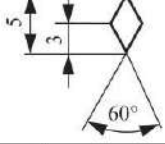
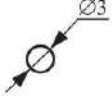
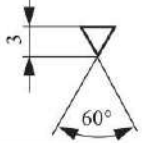
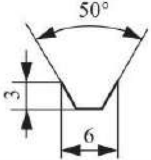
2. Для базових установочних поверхонь допускається застосовувати позначення – .

Таблиця 6.8 – Приклади схем установів виробів

Опис способу установка	Схема позначення
У лещатах із призматичними губками та пневматичним зажимом	
У кондукторі з центруванням на циліндричний палець, з упором на три нерухомі опори та із застосуванням електричного пристрою подвійного зажиму, що має сферичні робочі поверхні	
У трьохжувальковому патроні з механічним устроєм зажиму, з упором у торець, з піджимом обертвовим центром і з кріпленням у рухомому лонеті	
На конусній оправці з гідропластовим устроєм зажиму, з упором у торець на рифлену поверхню і з піджимом обертвовим центром	

Для вказівки форми робочої поверхні опор, зажимів та установочних пристроїв слід застосовувати позначення відповідно до табл. 6.9. Для позначення пристроїв зажимів слід застосовувати позначення відповідно до табл. 6.10. Кількість точок застосування сили затиску до виробу, при необхідності, слід записувати праворуч від позначення затиску (табл. 6.8, поз. 3). Позначення видів пристроїв зажимів наносять ліворуч від позначення зажимів (табл. 6.9 і 6.11).

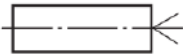
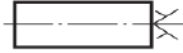
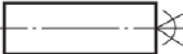

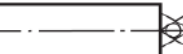
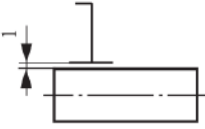

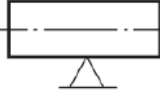
Таблиця 6.9 – Умовне позначення форми робочих поверхонь установочних елементів та зажимів

Найменування форми робочої поверхні	Позначення форми робочої поверхні на всіх видах	Найменування форми робочої поверхні	Позначення форми робочої поверхні на всіх видах
Плоска		Конічна	
Сферична		Ромбічна	
Циліндрична (кулькова)		Тригранна	
Призматична			

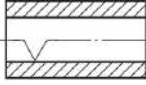
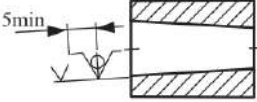
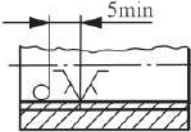
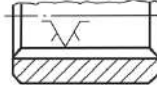
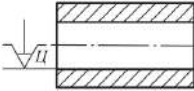
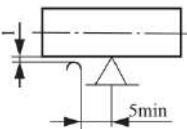
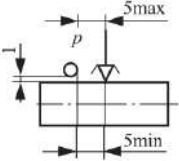
Таблиця 6.10 – Умовне позначення зажимних пристроїв

Найменування пристрою затискання	Позначення пристрою зажиму на всіх видах
Пневматичне	Р
Гідравлічне	Н
Електричне	Е
Магнітне	М
Електромагнітне	ЕМ
Інше	Без позначення

Таблиця 6.11 – Приклади нанесення позначень опор, зажимів і установочних пристроїв

Найменування	Приклади нанесення позначень опор, зажимів і установочних пристроїв
Центр нерухомий (гладкий)	
Центр рифлений	
Центр плаваючий	
Центр обертовий	
Центр зворотний обертовий з рифленою поверхнею	
Патрон повідковий	
Люнет рухомий	
Люнет нерухомий	

Продовження табл. 6.11

Найменування	Приклади нанесення позначень опор, зажимів і установочних пристроїв
Оправка циліндрична	
Оправка конічна, роликів	
Оправка різьбова, циліндрична із зовнішньою різьбою	
Оправка шліцьова	
Оправка цангова	
Опора, регульована зі сферичною опуклою робочою поверхнею	
Зажим пневматичний із циліндричною рифленою робочою поверхнею робочою поверхнею	

На схемах, що мають кілька проекцій, допускається на окремих проекціях не вказувати позначення опор, зажимів та установочних пристроїв щодо виробу, якщо їх положення однозначно визначається на одній проекції (табл. 6.8, поз 2).

На схемах допускається кілька позначень однойменних опор на кожному виді замінювати одним із позначенням їх кількості (табл. 6.8, поз. 3).

Питання для самоперевірки

1. Що таке похибка базування?
2. Що розуміють під технологічністю конструкції виробу?
3. Які фактори впливають на забезпечення технологічності конструкції виробу?
4. Назвіть види технологічності конструкції виробу.
5. Назвіть вимоги які є неодмінною умовою забезпечення технологічності виробів.
6. Від чого залежить технологічність деталі при механічній обробці?
7. Коли геометричні елементи можуть бути визнані технологічними?
8. Що визначає номенклатуру спеціальних вимог щодо конструкції виробів?
9. Чим забезпечується точність складальних з'єднань?
10. Які вимоги необхідно виконувати під час розподілу складної складальної одиниці на простіші елементи?
11. Назвіть технологічні заходи щодо скорочення витрат матеріалів.
12. Назвіть конструктивні заходи щодо скорочення витрат матеріалів.
13. Які обмеження на форму і ув'язку окремих поверхонь деталі накладає лиття як спосіб формоутворення заготовок?
14. Назвіть загальні вимоги до експлуатаційної технологічності різноманітних конструкцій.
15. Назвіть основні вимоги, що пред'являються до конструкції деталей які обробляються на верстатах з ЧПУ.
16. Які вимоги щодо технологічності конструкції слід враховувати при обробці деталей на автоматичних лініях та агрегатних верстатах?
17. Поясніть що означає якісна оцінка технологічності конструкції виробу.
18. В чому полягає кількісна оцінка технологічності конструкції?

19. Що таке базовий показник технологічності конструкції виробу?
20. Що таке частковий показник технологічності конструкції виробу?
21. Поясніть що означає виробнича технологічність виробів?
22. Навіщо потрібне базування та бази у машинобудуванні?
23. Що таке опорна точка?
24. Як класифікуються бази?
25. Назвіть правила якими потрібно керуватися при виборі технологічних баз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М. Онови творення машин. Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.
2. Короп І. В., Петренко В. П. Інтелектуальна власність : навч. посіб. / за заг. ред. В. П. Петренка. Івано-Франківськ: Факел, 2008. 208 с.
3. Корець М. Машинознавство. Київ : Знання України, 2001. 448 с.
4. Флора В. Д. Принципи технічної творчості : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2005. 398 с.
5. Карпаш О. М., Шейнбаум В. С., Карпаш М. О. Інженерна діяльність в умовах сталого розвитку : навч. посіб. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. 285 с.
6. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
7. ДСТУ 3321-2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 55 с.
8. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 39 с.
9. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник Львів : Світ, 2006. 624 с.
10. Технологія конструкційних матеріалів: підручник. 2-ге вид., перероб. і допов. / за ред. М. А.Сологуба. Київ : Вища шк., 2002. 374 с.
11. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. Івано-Франківськ : Факел, 2002. 182 с.
12. Горбатюк Є. О. Технологія машинобудування : навч. посіб. Львів : «Новий світ - 2000». 2009. 358 с.
13. Аверченков В. І. Збірник задач і вправ з технології машинобудування : навч. посіб. Житомир : ЖІТІ, 2001. 314 с.
14. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин : лабораторний практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, О. М. Мироненко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2006. 119 с.
15. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с.
16. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 :

- навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
17. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
 18. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Київ : Вища школа, 1993. 414 с.
 19. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Київ : ІСДО, 1993. 304 с.
 20. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, О. М. Мироненко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2006. 119 с.
 21. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
 22. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
 23. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
 24. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
 25. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / В. Д. Рудь, О. О. Герасимчук, Т. П. Маркова. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. 344 с.
 26. Основи технології машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
 27. Копей В., Одосій З., Онисько О. Технологія машинобудування : навчальний посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 217 с.
 28. Сторож Б. Д., Мазур М. П., Карпик Р. Т., Каразей В. Д. Технологічні основи машинобудування : навч. посібник. Хмельницький : ТУП, 2003. 153 с.
 29. The CNC Handbook : Digital Manufacturing and Automation from CNC to Industry 4.0 / Hans Bernhard Kief, Helmut A. Roschiwal, Karsten Schwarz. Industrial Press, Inc., 2021. 2156 p.
 30. Rakesh Kumar Phanden, Ravinder Kumar, Pulak Mohan Pandey, Ayon Chakraborty. Advances in Industrial and Production Engineering : Lecture Notes in Mechanical Engineering (ISBN 978-981-99-1328-2). Singapore : Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023. 418 p.

Навчальне видання

АРТЮХ Олександр Миколайович

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ**

ЧАСТИНА 1

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір: Артюх О. М.

Комп'ютерна верстка: Артюх О. М.

Підписано до друку 14.03.2024. Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 19,99. Тираж 100 прим. Зам. № 250.

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.