

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ «МАГІСТР»

ПРОЕКТУВАННЯ ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМм-21
Кухарук Богдан Андрійович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
Гальчук Тетяна Никифорівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

Луцький національний технічний університет

Факультет: транспорту та механічної інженерії

Кафедра: прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(Редько Р.Г.)

“ _____ ” _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Кухаруку Богдану Андрійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування групового технологічного процесу механічної обробки деталей

Керівник роботи Гальчук Тетяна Никифорівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 30 ” грудня 2023 р. № 452/01-02

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталей наконечник бокової тяги кермової трапеції зовнішній та внутрішній, програма випуску 80000 шт/рік, нормативні дані.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Анотація. Вступ. Розділ 1. Методичні основи групової обробки деталей. Розділ 2. Проектування групових технологічних процесів Розділ 3. Проектування групової технології механічної обробки наконечників. Розділ 4. Проектування пристроїв для обробки деталей на верстатах за груповим техпроцесом. Розділ 5. Організаційно-економічне планування групової обробки деталей. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Креслення верстатних пристроїв – 2,5 листа (ф.А1), КТП – 2 листа (ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

04.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розділ 1. Методичні основи групової обробки деталей</i>	<i>18.05.2024р.</i>	
2.	<i>Розділ 2. Проектування групових технологічних процесів</i>	<i>22.09.2024р.</i>	
3.	<i>Розділ 3. Проектування групової технології механічної обробки наконечників</i>	<i>12.10.2024р.</i>	
4.	<i>Розділ 4. Проектування пристроїв для обробки деталей на верстатах за груповим техпроцесом</i>	<i>26.10.2024р.</i>	
5.	<i>Розділ 5. Організаційно-економічне планування групової обробки деталей</i>	<i>02.11.2024р.</i>	
6.	<i>Висновки</i>	<i>09.11.2024р.</i>	
7.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>16.11.2024р.</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>23.11.2024р.</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>30.11.2024р.</i>	
10.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>05.12.2024р.</i>	
11.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>07.12.2024р.</i>	
12.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи до захисту</i>	<i>12.12.2024р.</i>	

Здобувач вищої освіти _____

Кухарук Б.А.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Гальчук Т.Н.

АНОТАЦІЯ

Кухарук Б.А. Проектування групового технологічного процесу механічної обробки деталей. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено теоретичне дослідження використання методу групового виробництва деталей. На основі аналізу теоретичних і практичних розробок, встановлено що в умовах серійного виробництва найбільш раціональним є організація групового виробництва. Розглянуто сутність процесу групування деталей за рядом класифікаційних ознак. Зазначено, що створення групових процесів виготовлення деталей базується на різних методах групування деталей. На основі аналізу показано, що в умовах серійного виробництва найбільше поширення одержав метод групування деталей з використанням комплексної деталі. Встановлено, що конструювання групового пристрою нерозривно пов'язане з розробкою групового технологічного процесу та створюється на основі групових блоків, які забезпечать просту й надійну заміну змінних елементів.

На прикладі наконечників тяг кермової трапеції зовнішнього і внутрішнього розроблено: креслення комплексної деталі та сформульовані технічні вимоги, груповий технологічний процес механічної обробки на основі матриці з деталізацією техпроцесу для деталей групи, конструкції пристосувань, план виробничого підрозділу (цеху) та діляниця з групової обробки для умов серійного виробництва.

Показано, що групова технологія у всіх напрямках використання дає великий економічний ефект.

Ключові слова: групова технологія, комплексна деталь, групові блоки, деталь-аналог, класифікація, уніфікація.

ABSTRACT

Kuharuk B.A. Design of a group technological process of mechanical processing of parts. Manuscript.

Master's qualification work of the "Applied Mechanics" educational program, specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The master's qualification work consists of an introduction, five sections, conclusions, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

In the master's qualification thesis, a theoretical study of the use of the method of group production of parts was carried out. Based on the analysis of theoretical and practical developments, it was established that the organization of group production is the most rational in the conditions of serial production. The essence of the process of grouping parts according to a number of classification features is considered. It is noted that the creation of group processes for the production of parts is based on different methods of grouping parts. Based on the analysis, it is shown that in the conditions of serial production, the method of grouping parts with the use of a complex part has become the most widespread. It has been established that the design of a group device is inextricably linked with the development of a group technological process and is created on the basis of group blocks that will ensure simple and reliable replacement of replaceable elements.

On the example of the ends of the external and internal steering trapezoid rods, the following were developed: a drawing of a complex part and formulated technical requirements, a group technological process of mechanical processing based on a matrix with a detailing of the technical process for group parts, device designs, a plan of a production unit (shop) and a group processing station for conditions serial production.

It is shown that the group technology in all directions of use gives a great economic effect.

Keywords: group technology, complex part, group blocks, analog part, classification, unification.

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП.....	8
1. РОЗДІЛ 1. Методичні основи групової обробки деталей.....	10
1.1. Види технологічних процесів.....	10
1.2. Групова обробка деталей.....	14
1.3. Заготовки, оснащення та інструменти для проєтування групової обробки.....	16
1.4. Висновки до 1-го розділу.....	18
2. РОЗДІЛ 2. Проєктування групових технологічних процесів.....	20
2.1. Групування деталей.....	20
2.2. Проєктування комплексної деталі.....	23
2.3. Груповий технологічний процес.....	25
2.4. Проєктування технологічної оснастки для групового техпроцесу.....	28
2.5. Висновки до 2-го розділу.....	29
3. РОЗДІЛ 3. Проєктування групової технології механічної обробки наконечників.....	31
3.1. Створення комплексної деталі наконечника.....	31
3.2. Розробка групового технологічного процесу механічної обробки наконечника.....	32
3.3. Детальна розробка техпроцесу для деталей групи.....	34
3.3.1. Вибір заготовки.....	34
3.3.2. Вибір методу обробки окремих поверхонь.....	35
3.3.3. Обґрунтування вибору баз.....	36
3.3.4. Визначення припусків і операційних розмірів.....	37
3.3.5. Визначення режимів різання та нормування технологічного процесу.....	39
3.4. Висновки до 3-го розділу.....	40
4. РОЗДІЛ 4. Проєктування пристроїв для обробки деталей на верстатах за груповим техпроцесом.....	41
4.1. Проєктування пристрою для групової обробки деталей.....	41
4.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою для групової обробки.....	41
4.1.2. Силовий розрахунок параметрів приводу пристрою для групової обробки.....	41
4.1.3. Загальний опис конструкції, принцип дії пристрою для групової обробки.....	42
4.2. Пристрій для обробки окремої деталі групи.....	42
4.2.1. Пристрій для фрезерування торця в наконечнику.....	42

4.2.2	Розрахунок пристрою для фрезерування торця в наконечнику на точність.....	43
4.2.3.	Опис конструкції та принципу дії пристрою для фрезерування торця в наконечнику.....	43
4.3.	Висновки до 4-го розділу.....	44
5.	РОЗДІЛ 5. Організаційно-економічне планування групової обробки деталей.....	45
5.1.	Визначення приведеної програми.....	45
5.2.	Розрахунок річної кількості робочих місць, обладнання. Встановлення типу виробництва та організаційної форми.....	45
5.3.	Вибір виду приміщення та площ.....	51
5.4.	Вибір типу приміщення, компоновка цеху, планування ділянки.....	53
5.5.	Економічна доцільність розробки групового технологічного процесу	54
5.6.	Висновки до 5-го розділу.....	55
	ВИСНОВКИ.....	57
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59
	ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Актуальність теми полягає в тому, що одна із задач сьогодення в машинобудуванні - виробництво якісної, порівняно дешевої та конкурентоспроможної продукції на основі підвищення продуктивності праці. Також повинне бути раціональне використання енергоресурсів і матеріалів. Все це вимагає впроваджувати нові прогресивні методи роботи. Виконання їх у значній мірі залежить від групового виробництва деталей. Теоретичні розробки підтверджені практичним досвідом доводять, що в умовах серійного виробництва, характерного для машинобудівних підприємств України, найбільш раціональним є організація групового виробництва. Таке виробництво базується на уніфікації об'єктів, технологічних процесів, оснащення та створенні подетально-спеціалізованих дільниць і багатомоделювальних групових ліній. Групове виробництво дає можливість найбільш повно здійснювати заходи з механізації та автоматизації виробництва, обладнання й праці.

Мета і задачі роботи. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження групових технологічних процесів для умов серійного виробництва.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

1. Розглянути методичні основи та технологічні рішення для групового технологічного процесу.
2. Провести проектування групової технології механічної обробки.
3. Розглянути розробку групових пристосувань
3. Спроекувати пристрої для обробки деталей на верстатах за груповим техпроцесом.
4. Зробити організаційно-економічне планування групової обробки деталей.

Об'єкт дослідження – груповий технологічний процес обробки деталей.

Предмет дослідження – технологічні рішення, пристосування, обладнання та інструмент.

Методологія і методика досліджень. Загальні положення технології машинобудування, теорії різання матеріалів, методологія групової обробки; засоби САПР для технологічного проектування.

Наукова новизна одержаних результатів. Розкрито основи і етапи формування групових технологічних процесів. Визначено вимоги до оснастки для групової технології.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці групового технологічного процесу механічної обробки наконечника бокової тяги кермової трапеції зовнішнього і внутрішнього; плануванні виробничого підрозділу для його реалізації. Для цього запропоновані такі нові рішення:

- розроблений груповий технологічний процес механічної обробки з представленням його на карті технологічного процесу;
- спроектовано пристосування для виконання групової операції механічної обробки;
- розроблено виробничий підрозділ для виготовлення наконечника бокової тяги кермової трапеції зовнішнього і внутрішнього з детальним плануванням обладнання.

Апробація результатів магістерської роботи. Робота доповідалась та отримала позитивний відгук на розширеному засіданні науково семінару кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету та IV студентській науково-технічній конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії», м. Луцьк, 2024 р.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується повною відповідністю поставленим задачам.

Публікації. Результати магістерської роботи опубліковані у:

Кухарук Б.А. Проектування групових технологічних процесів для умов серійного виробництва: тези IV студентської науково-технічної конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: Луцький НТУ, 2024. С. 6-7. – URS: <https://drive.google.com/>

РОЗДІЛ 1

Методичні основи групового оброблення

1.1. Види технологічних процесів

На підприємствах загального машинобудування використовують різні види технологічних процесів механічної обробки, що визначаються умовами виробництва і призначенням. Також техпроцес залежить від кількості деталей які передбачається виготовити, тобто один виріб чи група однотипних (різномісних) виробів.

Відповідно до цих умов усі технологічні процеси класифіковані за ДСТУ ГОСТ 3.1103:2014 (рис. 1.1).

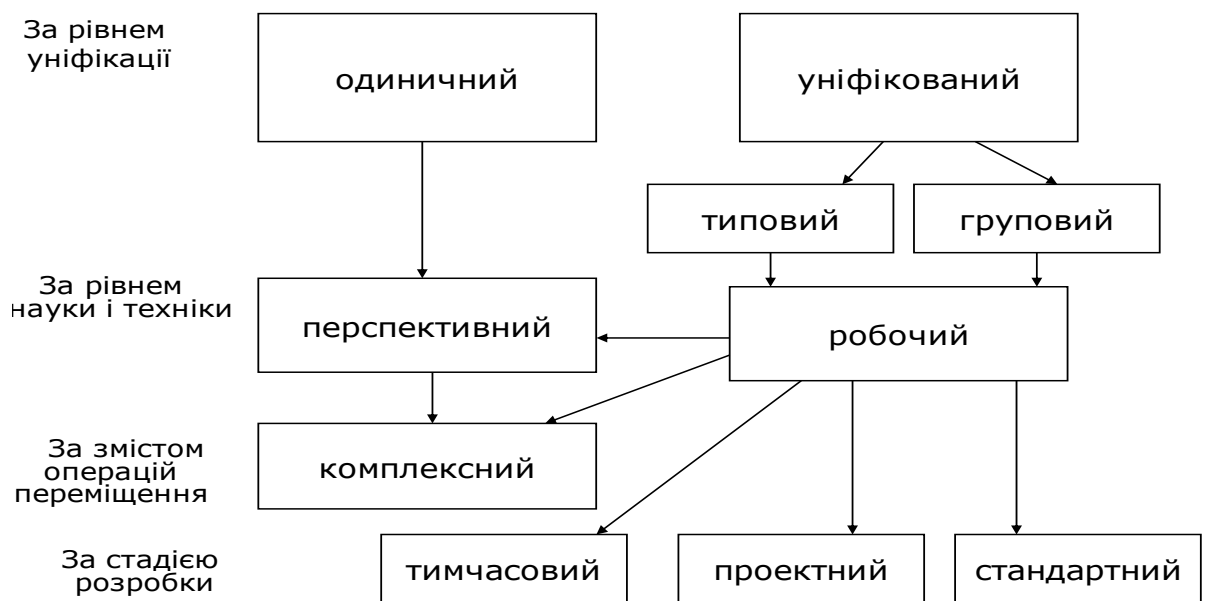


Рис. 1.1 - Види технологічних процесів

Особливе значення має поділ процесів за рівнем уніфікації. Уніфікований – розробляється для деталей, які мають спільні технологічні та конструктивні ознаки для умов серійних виробництв. Вони поділяються на типові і групові. Групові процеси розробляються для деталей із спільними технологічними ознаками, а типові – для деталей з спільними конструктивними ознаками (рис. 1.2).

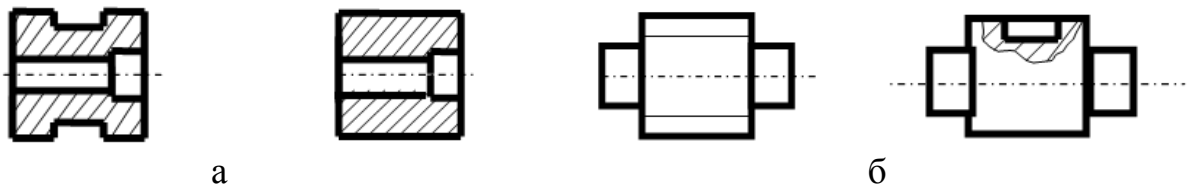


Рис. 1.2 – Приклади деталей із ознаками; а – технологічними, б - конструктивними

Основними завданнями на даний час у галузі механічної обробки є:

- оптимізація часу переналагодження технологічного оснащення для обробки різних деталей;
- автоматизація виробництва.

Це необхідна умова підвищення продуктивності виробництва з більш ефективним використанням обладнання. Саме уніфікація техпроцесів та обладнання дає можливість скоротити кількість верстатів, оснастки та максимально ефективно їх використовувати, за рахунок зменшення трудомісткості робіт.

Основні методи уніфікації - типізація технологічних процесів та груповий метод обробки, що є характерними для сучасного серійного виробництва. Зазначені напрямки вирішують задачу стандартизації технологічних процесів і оснастки. Групові техпроцеси створені на базі типових. Основною різницею між ними є те, що груповий процес використовується для виготовлення деталей з різними конструктивними, але із спільними технологічними ознаками, а типовий технологічний процес спрямований на виготовлення групи деталей зі спільними конструктивними і технологічними ознаками. Типізація зумовлена великою різноманітністю варіантів технологічних процесів, оскільки під час розробки нового процесу, технолог не бере до уваги існуючі варіанти. Так наприклад, в разі зміни об'єкту виробництва цикл виготовлення у виробництво розпочинається з нуля і значна частина процесу повторює попередньо розроблені. В цьому випадку отримати потрібний технологічний процес можна переходом від вже існуючого з незначними змінами, зберігаючи стандартизовані параметри, характерні для даного типу. Однак слід відмітити, що і типізація це один із найбільш прогресивних

напрянків вдосконалення виробництва. Серед великої різноманітності деталей завжди є велика кількість деталей подібних за конфігурацією, матеріалом, точністю та розмірами. У більшості випадків такі деталі на різних підприємствах виготовляють різними як способами так і виробничо-економічною ефективністю. За допомогою типізації зменшується різноманітність технологічних процесів. Їх кількість стає обмеженою і призначена для створення типових техпроцесів для деталей подібної конфігурації і технологічних особливостей за однаковими процесами.

Типізацію проводять за одним із трьох напрямків обробки:

- окремих поверхонь;
- окремих(типових) видів поверхонь;
- заготовок.

Типізація за будь - яким напрямком розпочинається з класифікації деталей (табл.1.1) та їх поверхонь. Визначними факторами класифікації окремих поверхонь є: форма поверхні, точність, розміри, матеріал. Під час обробки поверхонь, що зустрічаються у різних заготовок, обробку проводять за постійних технологічних баз з використанням однакових верстатів, інструментів та послідовності переходів. В цьому випадку ознаками класифікації є: конфігурація окремих поверхонь, їх взаємне положення, точність обробки, розміри і матеріал. Зазначені два методи типізації не повністю вирішують задачі типізації початкової заготовки і не завжди визначають послідовність обробки окремих поверхонь для конкретної заготовки. Тому вирішення цієї задачі проводять через типізацію обробки заготовок. Ознаки для класифікації заготовок такі ж як і в попередньому випадку, але крім основних ознак, також використовують загальну програму випуску виробів і розмір партій.

Типовий техпроцес характеризується єдністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій для групи деталей. Під час групування деталей основними факторами є форма, розміри, точність виготовлення, шорсткість, матеріал деталі. Враховується також об'єм виробництва і

наявність відповідного обладнання. Роблять це для зменшення кількості варіантів для обробки, в межах прийнятого типу виробництва. Загалом використання типових процесів дає змогу зменшити час технічної підготовки підприємства, собівартість обробки за рахунок чого підвищується продуктивність виробництва [1].

Таблиця 1.1 - Класифікація деталей

Найменування класу	Клас	Найменування деталей
Циліндричні деталі обертання	вали	Вали, валики, осі, штоки, цапфи, пальці, штифти і т.п.
	втулки	Втулки, вкладиші, букси, гільзи і т.п.
Плоскі деталі обертання	Диски	Диски, кільця, маховики, шківни, фланці і т.п.
Багатоосьові деталі	Ексцентричні деталі	Колінчасті вали, ексцентрики і т.п.
Деталі обертання з осями, що перетинаються	Хрестовини	Хрестовини, арматура і т.п.
Важелі	Важелі	Важелі, шатуни, тяги, серги і т.п.
Корпусні деталі	Бабки	Корпуса редукторів, коробок швидкостей, коробок подач, шпіндельних бабок і т.п.
	Плити	Плити, рами, станини, столи, салазки, планки і т.п.
	Стійки	Стійки, кронштейни і т.п.
	Корпуса	Блоки циліндрів, корпуса двигунів, компресорів, циліндрів, парових та газових турбін, кранів, трійників, вентилів і т.п.
Інші класи	Зубчасті колеса	Одно – та багато вінцеві зубчасті колеса, вінці, зубчасті колеса-вали, колеса-диски і т.п.
	Фасонні кулачки	Кулачки і т.п.
	Ходові гвинти та черв'яки	Ходові гвинти, черв'яки і т.п.
	Дрібні кріпильні деталі	Гвинти, шурупи, гвинтики і т.п.

На базі типових технологічних процесів створено групові технологічні процеси. Груповий техпроцес - це сукупність технологічних операцій для забезпечення обробки різних деталей групи за загальним технологічним

маршрутом. Зауважимо, що техпроцеси для окремих деталей групи можуть не містити деякі операції. Груповий процес призначений для виготовлення або ремонту групи виробів в умовах серійних та масового виробництва. Групи деталей формують враховуючи: матеріал деталі, форму заготовок, точність і шорсткість поверхонь, технологічну оснастку та верстати, при цьому форма деталей не є основним фактором. Під час формування групи визначають комплексну деталь, яка містить поверхні всіх деталей групи. Для таких процесів характерним є використання групової або універсальної оснастки.

1.2. Групова обробка деталей

Метод групової обробки деталей оснований на уніфікації технологічних процесів застосовується в різних галузях промисловості [2,3]. На сучасному етапі уніфікації технології він пов'язаний із широкою механізацією та автоматизацією процесу. У типізації технологічних процесів основною ознакою класифікації була конструкція деталі (рис. 1.3).

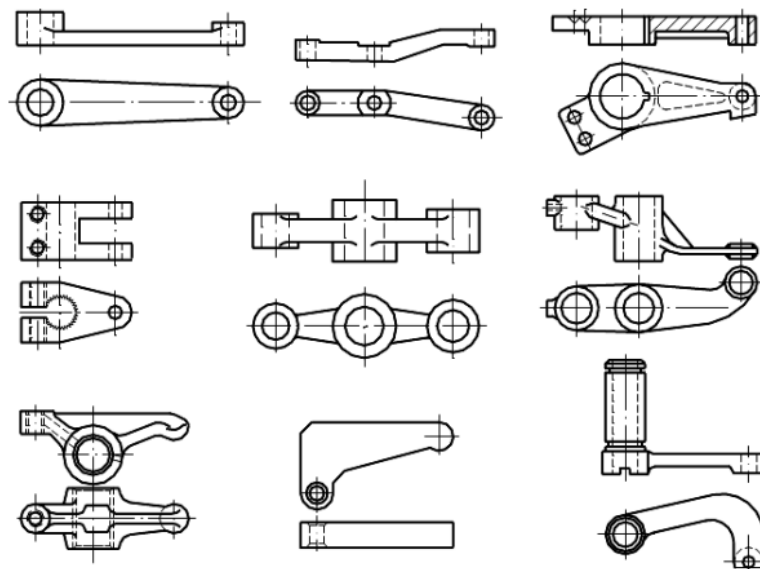


Рис. 1.3 – Деталі класу «Важелі»

У груповому методі виробництва – основною ознакою класифікації і групування є засоби технологічного оснащення, що використовуються. Груповий метод забезпечує для груп однорідних за конструкторсько-технологічними ознаками виробів - однотипні високопродуктивні методи

механічної обробки з використанням однакових знарядь виробництва, що швидко переналагоджуються. Також він забезпечує економічну ефективність виробництва та необхідну швидкість його підготовки і переналагодження.

Так, наприклад для деталей, що виробляються за одиничним техпроцесом на виробництві необхідно спроектувати процеси, за кількістю деталей, і сконструювати відповідну кількість одиниць оснащення. Для випадку групового оброблення, необхідно розробити лише групові процеси з відповідним груповим технологічним оснащенням. Зазначимо, що в групу можуть входити деталі різні за конструкторськими ознаками.

Метод групового оброблення – найважливіша ланка в загальному ланцюзі підготовки машинобудівного виробництва, що включає: конструювання – технологію – організацію та економіку. В умовах серійного виробництва даний метод створює необхідні передумови для організації групового виробництва, що відповідає сучасним вимогам організації виробництва. Разом з цим для удосконалювання організації виробництва є ряд вимоги до групового методу, що полягають у спеціалізації, технологічній концентрації (багатоінструментальне і багатопредметне оброблення), поєднанні часу виконання основних і допоміжних елементів роботи тощо.

Основні ознаки групового методу виробництва такі:

- класифікація та групування деталей, технологічних процесів;
- класифікація та конструювання групового оснащення та іншого;
- цільова модернізація та спеціалізація обладнання;
- застосування групових ліній (потоккових та автоматичних);
- планування групових підрозділів виробництва (цехів, дільниць).

Крім того, для групового методу застосовуються по-новому технічне нормування. Груповий метод обмежує засоби технологічного оснащення у плані конструктивних різновидів, розмірів та складових елементів.

Метод групового оброблення деталей дає можливість застосування спеціалізованого (переналагоджуваного) оснащення, зокрема групового. Групове переналагоджуване оснащення проектується для груп деталей, що

мають подібність за способами установлення і закріплення. Оброблення деталей різної конфігурації за допомогою одного спеціалізованого групового оснащення забезпечується завдяки використанню змінних або регулюючих елементів. Як приклад розглянемо конструкцію групового кондуктора, що застосовується для обробки отвору важеля (рис. 1.4). Для переналагодження групового кондуктора пересувають призму 1 і закріплений на повзуні сухар 2. Регулюють гвинтову опору затискача 3. Закріплення важеля в пристрої одночасно в двох місцях сухарем 2 і затискачем 3, механізовано за допомогою пневмоциліндра 4.

Підвищена собівартість такого пристосування економічно виправдовується, тому що витрати розподіляються на всі деталі, які входять до групи. Також зменшуються непродуктивні втрати під час впровадження групової обробки.

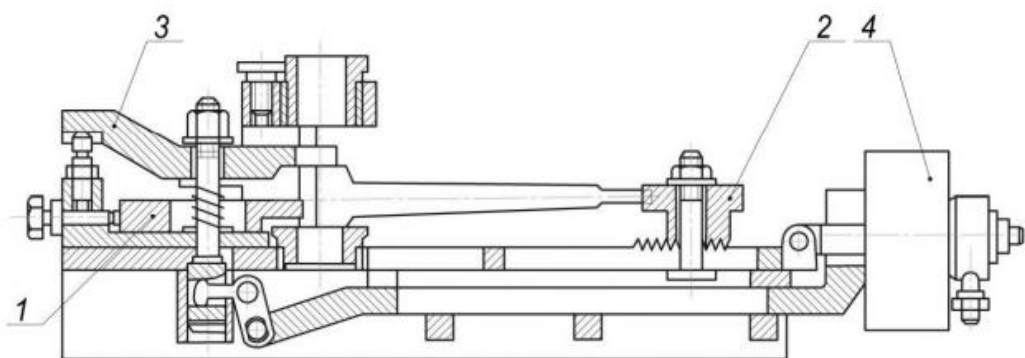


Рис. 1.4 – Груповий кондуктор, що застосовується для обробки отвору важеля

Для групового методу модернізація підвищує всі показники роботи в умовах спеціалізації, коли верстат оснащується пристроями, які необхідні для продуктивної обробки деталей конкретної групи. Позитивним є те, що спеціалізація дає можливість для автоматизації в серійному виробництві. Пов'язано це із зростанням пропускної здатності робочих місць, використанням спеціалізованих і агрегатних верстатів, а також групових ліній із швидким переналагодженням.

Запровадження групової обробки на виробництві потребує проведення великої підготовчої роботи, що містить класифікацію деталей (їх групування); розроблення технологічного процесу для групи деталей; проектування засобів

групового технологічного оснащення; модернізацію групових потоків і групових автоматичних ліній; створення системи календарно-оперативного планування.

1.3. Заготовки, оснащення та інструменти для проектування групової обробки

Важливою частиною виробництва деталей є правильний вибір заготовок близької форми і розмірів до деталі, що дає можливість економити матеріал, зменшити трудомісткість обробки. Серед методів отримання заготовок близької форми до деталі найбільш поширені – штамповка та лиття (рис. 1.5). Для таких випадків використовують групову технологію, а саме швидкопереналагоджувальну оснастку. Розробка оснастки ведеться не на окрему деталь, а на групу деталей. Наприклад, під час гарячого штампування використовують універсальний блок, який розробляється для всієї групи деталей. Для отримання конкретних заготовок використовують змінні матрицю і пуансон. Для їх заміни не потрібно знімати блок з пресу. Така технологія штампування дозволяє підвищити коефіцієнт використання матеріалу.

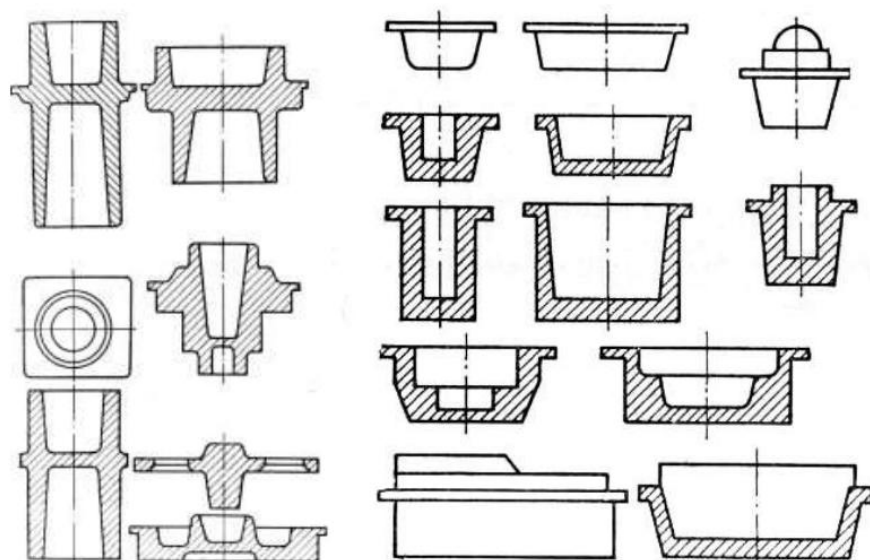


Рис. 1.5 – Приклади груп деталей для штампування [3]

Для лиття також ефективно використовувати групову технологію з використанням блок-форм особливо у серійному виробництві.

Загалом основною вимогою під час розробки за груповими техпроцесами є виготовлення будь-якої деталі групи без значних відхилень від технологічної схеми, з найбільшою техніко-економічною ефективністю. Найбільш ефективна групова технологія у випадку коли вся група деталей обробляється за однією схемою.

Показники економічності групових технологічних процесів залежать від коефіцієнта оснащення. Для того, щоб максимально збільшити цей коефіцієнт використовують високопродуктивну оснастку, зменшують час і витрати для проектування і виробництва. Обидві задачі вирішують за рахунок уніфікації технологічної підготовки підприємства, яка базується на групових техпроцесах. Під час проектування групових технологічних процесів важливу роль відіграє інструментальне оснащення, обладнання (рис. 1.6).

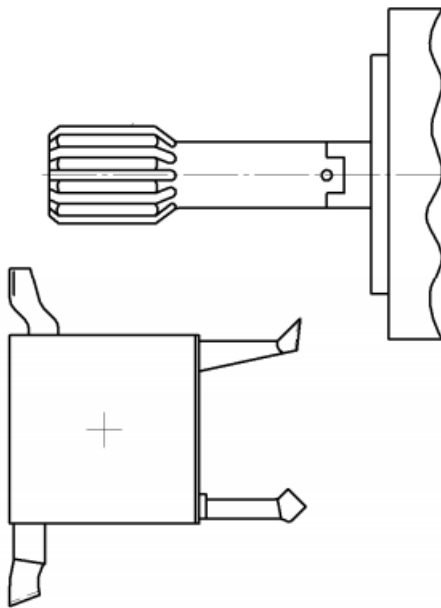


Рис. 1.6 - Групове інструментальне оснащення токарного верстата

Основними вимога до технологічної оснастки в цьому випадку є:

- час на переналагодження в разі переходу виробництва від однієї групи деталей до іншої (повинен бути мінімальним для досягнення підвищення ефективності виробництва);

- оснастка має забезпечувати обробку будь-якої деталі групи, без значних відхилень від загальної схеми обробки із заданою точністю для всіх деталей групи.

1.4. Висновки до 1-го розділу

У розділі проведено теоретичне дослідження використання прогресивних методів роботи за визначеною схемою до яких відноситься метод групового виробництва деталей.

Розглянуто, що теоретичні розробки і практика доводять, що в умовах серійного виробництва, характерного для машинобудівних підприємств України, найбільш раціональним є організація групового виробництва. Таке виробництво базується на уніфікації його об'єктів, технологічних процесів та оснащення, а також створення по детально спеціалізованих ділянок і багатоменклатурних групових поточкових та автоматизованих ліній.

Групове виробництво дає можливість найбільш повно здійснювати заходи з механізації та автоматизації виробництва, обладнання й праці.

Показано, що групова технологія у всіх напрямках використання дає великий економічний ефект. Підвищується продуктивність обробки за рахунок переходу від технологій обробки деталей за одиничним до групового процесу. Відбувається це через використання високо продуктивної групової оснастки, введення механізації верстатів. Також групова технологія дозволяє скоротити термін технічної підготовки виробництва та зменшити вартість проектування оснастки шляхом заміни на групову.

РОЗДІЛ 2

Проектування групових технологічних процесів

2.1. Групування деталей

Серед усіх деталей машин є велика кількість подібних за конструктивними, розмірними, точносними і технологічними ознаками. Всі ці ознаки деталей можна звести у певні групи, які характеризуються під час обробки спільністю обладнання, оснащення, налагодження всього технологічного процесу та окремих операцій. Для створення груп за основу беруть до уваги габарити деталей, оскільки вони визначають тип верстату і розміри технологічного оснащення. Також, враховуються: спільність геометричних форм, точність і шорсткість поверхонь, які обробляються; однорідність заготовок; серійність; показники економічності виготовлення [4].

Створення групових процесів виготовлення деталей базується на різних методах групування деталей:

- за конструкторсько-технологічною подібністю;
- за елементарними поверхнями;
- за переважними видами оброблення (типами обладнання).

Для перерахованих випадків враховуються призначення деталі, її конструкція, точність розмірів і шорсткість оброблюваних поверхонь, подібність маршрутів обробки, заготовки, програма випуску та ін.

Групування деталей під час проектування групових процесів рекомендується виконувати в такій послідовності: групові деталіоперації, а потім маршрутні групові процеси [3].

В умовах серійного виробництва найбільше поширення одержав метод групування деталей за типом обладнання, яке використовується для обробки; однакового технологічного оснащення, налагодження верстатів з використанням комплексної деталі. З рис. 2.1, який показує зміст і

послідовність класифікації деталей, впливає, що в основному використовуються три найбільш характерні випадки [3].

1. Груповим обробленням охоплено одну операцію (заготівельні процеси, металообробні верстати тощо). Деталі з незакінченим циклом обробки, спільно оброблені на одній груповій операції, на інших за необхідності операціях входять до інших груп або виготовляються за одиничними процесами (рис. 2.2). Даний метод класифікації охоплює найбільшу кількість деталей. Ефективний, якщо технологічний процес для всіх деталей групи є одноопераційним.

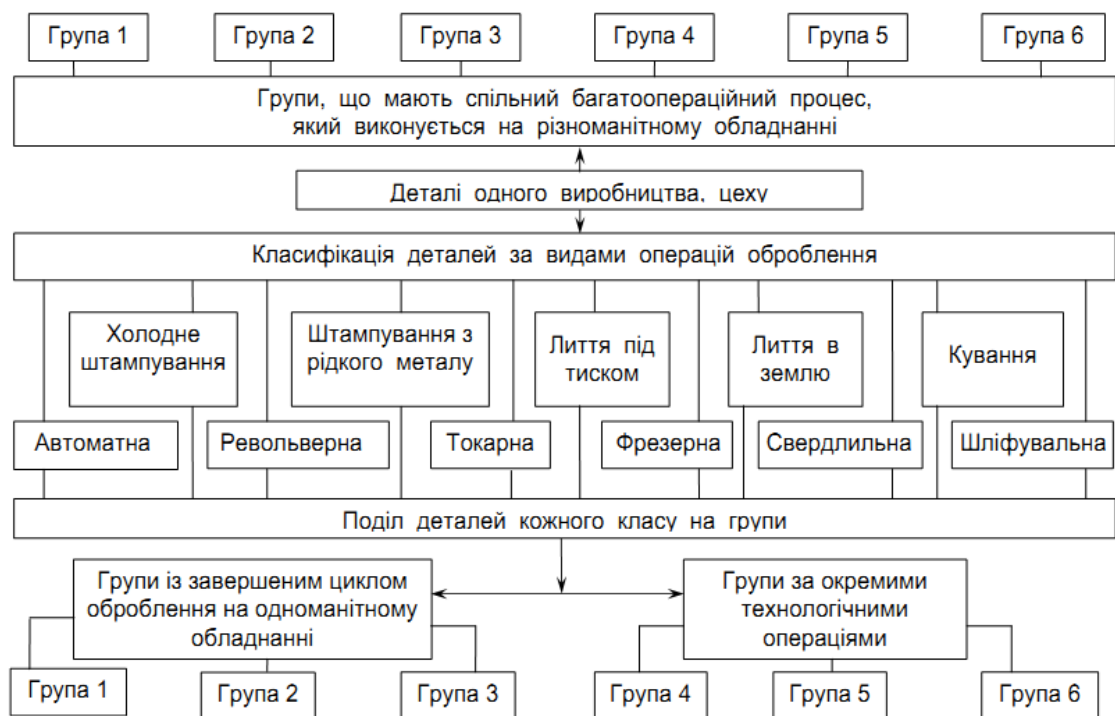


Рис. 2.1 - Класифікація деталей за видами обробки та єдністю технологічного маршруту [3]



Рис. 2.2 - Група деталей з циклом обробки на одному типі устаткування [3]

2. Деталі групи мають загальний груповий багатоопераційний процес, який виконують на різнотипних верстатах. Всі деталі групи проходять послідовно або через деталіоперації групового технологічного процесу (рис. 2.3), або через окремі, в разі необхідності для їхнього оброблення, деталіоперації (рис. 2.4).

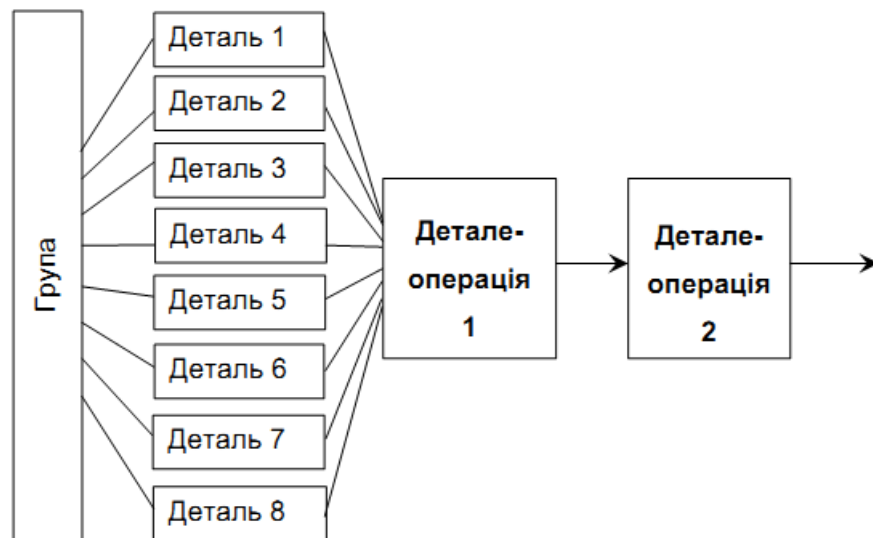


Рис. 2.3 - Група деталей із загальним багатоопераційним процесом послідовної обробки на різнотипних верстатах [3]

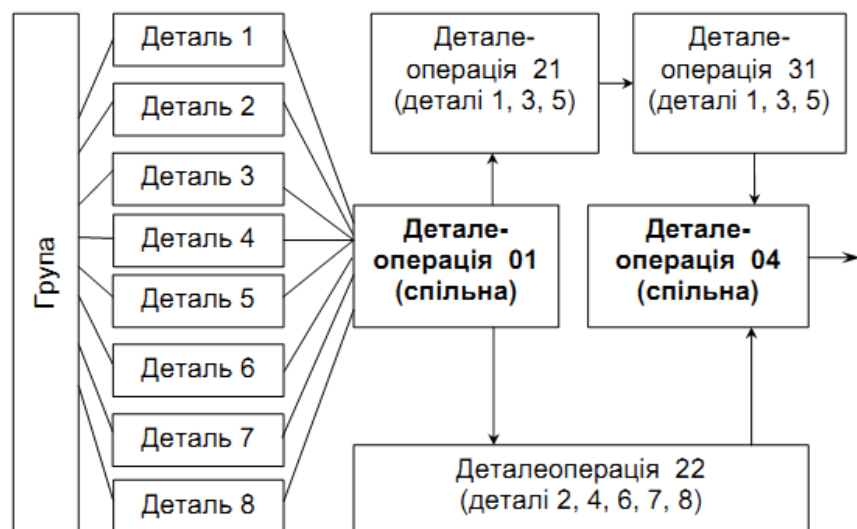


Рис. 2. 4 - Група деталей із загальним багатоопераційним процесом комбінованої обробки на різнотипних верстатах [3]

3. На одній або декількох операціях поєднуються деталі декількох груп, кожна з яких охоплює весь технологічний маршрут обробки на різнотипному устаткуванні (рис. 2.5).

У другому й третьому випадках обробка деталей здійснюється на обладнанні, яке розміщене в порядку послідовності операцій, із застосуванням на кожній операції групових пристосувань та інструментального оснащення. Одним із основних напрямів групування - об'єднання деталей за видами обладнання (токарні, фрезерні, свердлильні та інші верстати).

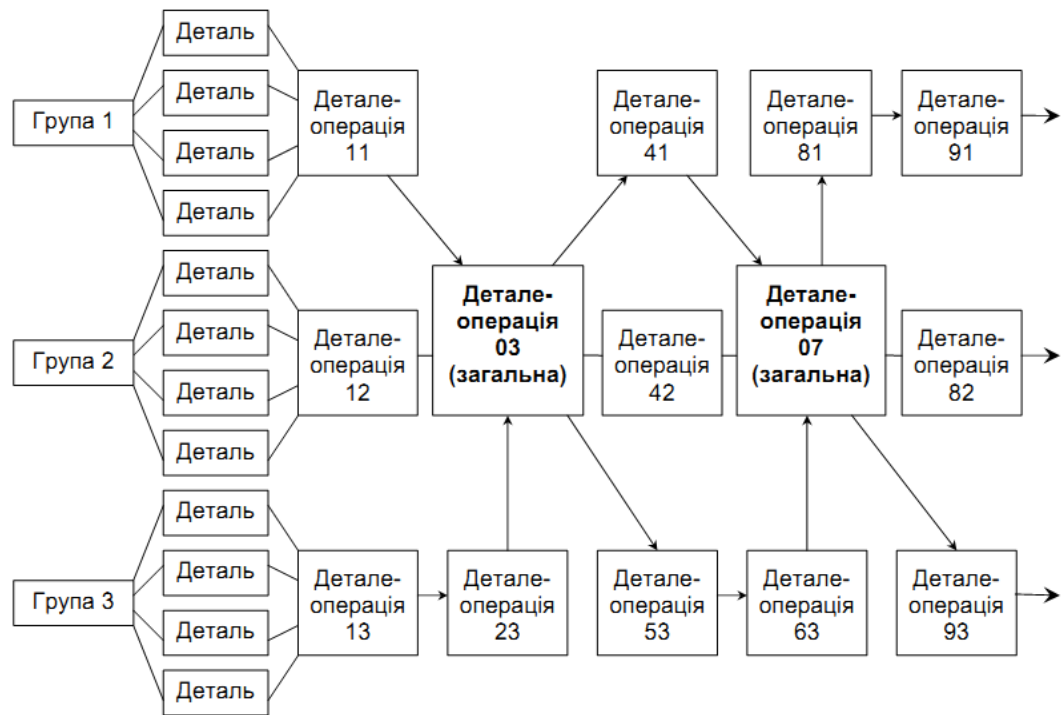


Рис. 2.5 - Схема об'єднання кількох груп деталей, що мають подібний технологічний маршрут [3]

Розподілення деталей за видами обробки є попереднім етапом. Він полегшує наступне розподілення на групи. Головна мета подальшої класифікації є визначення груп деталей, для обробки яких необхідно однаковий тип обладнання, але також однакове його технологічне оснащення і налагодження.

2.2. Проектування комплексної деталі

Комплексна деталь є основою для розробки групового техпроцесу, а також оснастки. Комплексну деталь отримують шляхом аналізу і групування деталей. Вона містить всі основні поверхні, що характерні для групи.

Зазвичай за комплексну приймають найскладнішу деталь в групі. В разі якщо такої не має то її створюють штучно. Якщо в групі є велике різноманіття деталей і отримати комплексну деталь складно, то її заміняють кількома деталями, що є характерними для групи. Отримується умовна комплексна деталь шляхом накладання на більш характерного представника групи, поверхонь які відсутні на цій деталі, але є у інших деталей групи [5]. В цьому випадку створюється геометричний образ комплексної деталі, який має всі геометричні особливості кожної деталі групи (рис. 2.6).

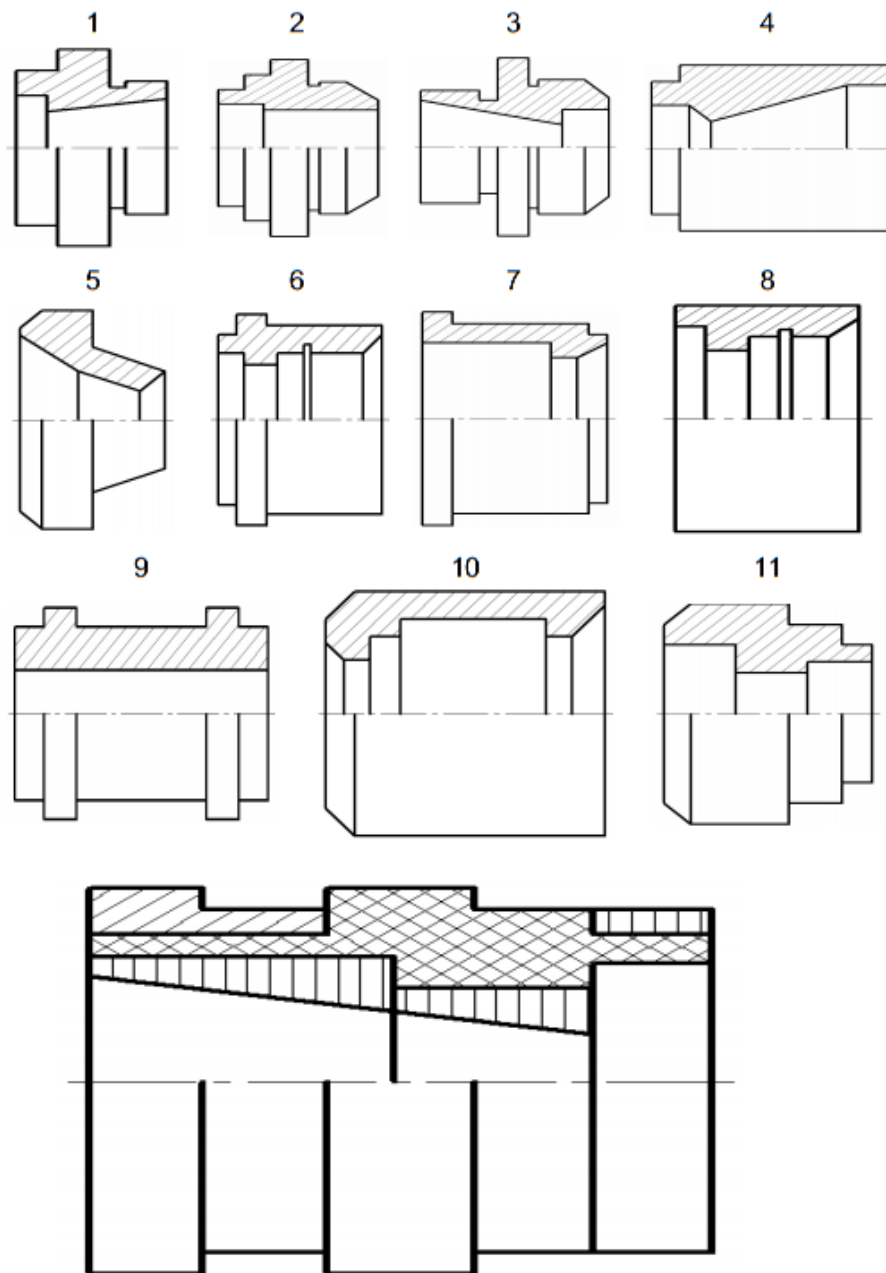


Рис. 2.6 - Схема створення комплексної деталі типу втулки

Створити креслення комплексної деталі можливо, якщо конфігурація деталей групи не є складною. В тому випадку коли не можливо графічно зобразити деталь складної конфігурації використовують методику, визначення комплексу основних ознак, які об'єднують різні деталі групи. У цьому випадку розглядається комплекс елементів поверхонь, які можна обробити із використанням одного групового оснащення верстата (рис. 2.7). Такими характеристиками є: технологічні переходи, базові поверхні і принцип базування, матеріал деталі [6].

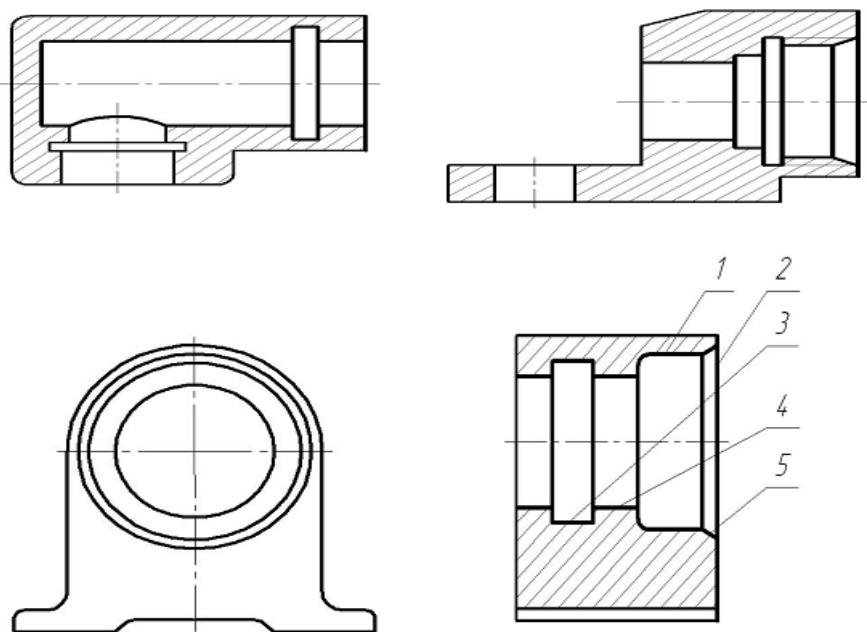


Рис. 2.7 - Група деталей для формування на основі комплексу ознак

2.3. Груповий технологічний процес

Після проведення класифікації деталей і утворення групи розробляється груповий технологічний процес котрий дозволяє обробити будь-яку деталь із групи без значних відхилень від загальної технологічної схеми. Вирішення цього завдання полегшується завдяки тому, що під час класифікації деталей враховуються можливі методи обробки кожної з них. Стандарт ЄСТПВ встановлює правила розробки групових технологічних процесів, які призначені для спільного виготовлення або ремонту груп виробів різної

конфігурації, для конкретних умов виробництва на спеціалізованих робочих місцях [7]. Під час розроблення групових процесів необхідно, щоб [8]:

- послідовність технологічних операцій (переходів) забезпечувала обробку всіх деталей групи відповідно до робочого креслення і технічних вимог;
- технологічне оснащення було груповим або універсально-переналагоджуваним;
- обладнання забезпечувало б високопродуктивну обробку з мінімальними витратами;
- технологічна документація була простою, зручною та достатньою за змістом.

Розробка групових техпроцесів базується на стандартизації і уніфікації технологічних рішень. Основним методом проектування є метод адресації, що характеризується високим ступенем типізації рішень. Ґрунтується він на існуючих техпроцесах, шляхом пошуку деталей – аналогів [3, 8].



Рис. 2.8 - Загальна схема методу адресації

Метод складається із трьох етапів:

I етап – пошук (вибір) комплексної деталі;

II етап – вибір уніфікованого техпроцесу для комплексної деталі з баз даних;

III етап – аналізуючи комплексну деталь і уніфікований техпроцес, розробляється бази уніфікованого робочий процес обробки для комплексної деталі.

Для групових розробляють технологічні процеси, які виконують згідно з правилами ЄСТД [7]. Однак вони мають особливості, так на карті ескізів операційні розміри, шорсткість позначають символами з індексами (наприклад, діаметральні розміри – D1, D2...; d1, d2...). У таблиці вказуються номери всіх поверхонь, що обробляються. Вони позначаються

знаком “+” в деталях, що оброблюють у конкретних деталяопераціях (табл. 2.1). Це дозволяє створити груповий технологічний процес за короткий час із професійним опрацювання для значної частини номенклатури виробів підприємства [9].

Табл. 2.1 - Матриця розмірів

Розмір	Деталь			
	Деталь 1	Деталь 2	...	Деталь n
Розмір 1	+			+
Розмір 2		+		
...				
...				
Розмір n	+			

Груповий техпроцес має вигляд матриці, в якій по горизонталі вказують переходи, а по вертикалі – деталі. В самій матриці проставляють 1 і 0. Цифра 1 вказує на наявність переходу для певної деталі, 0 – її відсутність. Наприклад, для ескізів деталей групи і комплексної деталі з вказаними поверхнями (рис. 2.9) складемо матрицю переходів (табл. 2.2).

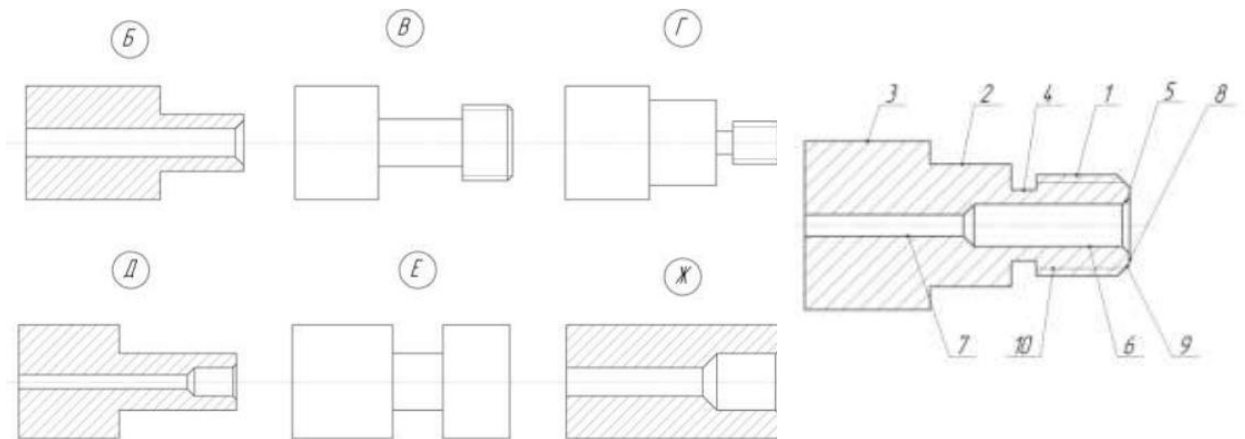


Рис. 2.9 - Комплексна деталь і деталі групи

Таблиця 2.2 - Матриця переходів

Деталь	Перехід											Σ
	Точили поверхню 1	Точили поверхню 2	Точили поверхню 3	Точили канавку 4	Центрували отвір 5	Свердлили отвір 6	Свердлили отвір 7	Підрізали торець 8	Точили фаску 9	Нарізали нарізь 10	Відрізали деталь 11	
Б	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	6
В	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	7
Г	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Д	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6
Е	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
Ж	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	6
Σ_i	6	3	3	2	2	2	3	6	2	2	6	

Такі матриці зручно застосовувати для комп'ютерної техніки, також використовують при проектуванні групових діленьниць та ліній [11].

2.4. Проектування технологічної оснастки для групового техпроцесу

Під час проектування групової оснастки важливим є вибір базових поверхонь для забезпечення незмінності положення під час обробки заготовки, заданих параметрів точності та швидкого і легкого встановлення деталі в пристосування [6,10]. В залежності від геометричної форми і установчих баз заготовки у пристрої можуть базуватися за різними схемами. В тому випадку коли класифікація у групи за схемою базування то необхідно передбачувати в конструкції деталі додаткові бази. Для правильного вибору схем базування розробляють переналагоджувальну оснастку, що підходить для деталі будь-якої конфігурації [4].

Способи закріплення деталі у пристрої залежить від конструкції деталі і характеру оброблюваної поверхні, потрібних умов жорсткості за однієї схеми базування.

В основі проектування групової оснастки є класифікація деталей. Оснастку проектують для комплексної деталі. Обробка різних деталей групи, за допомогою одного пристосування, відбувається за рахунок змінних і регульованих елементів. Під час проектування враховуються: характеристики обладнання, схема групового техпроцесу, розміри партій. Проектування групової оснастки базується на аналізі конструктивних і технологічних особливостях деталей групи, способах базування і закріплення деталей [3].

Початкові дані для проектування такі: креслення деталей групи, техпроцес обробки деталей, характеристики верстату, режими різання, інформація про різучий інструмент. Конструювання групового пристрою нерозривно пов'язане з розробкою групового технологічного процесу. Під час проектування пристрою можливі внесення зміни в групу деталей і техпроцес. Основою групового пристосування є його базова частина, яка забезпечує закріплення змінних елементів і є загальною для всієї групи деталей.

Розрахунок точності переналагоджувальних пристроїв має ряд особливостей. Пов'язано це із змінними елементами оснастки. Під час розрахунків необхідно враховувати додаткові похибки, що виникають в разі встановлення змінних елементів. Щоб забезпечити точність базову частину і змінні елементи пристрою виготовляють з високою точністю [12]. Допуски окремих елементів пристрою визначають допустиму сумарну похибку пристрою в зібраному стані. Сумарна похибка для кожного розміру (що забезпечується пристроєм), не повинна перевищувати величини заданого допуску на обробку [9].

$$\Delta c \leq \delta$$

Особливість розрахунку переналагоджувальних пристроїв полягає в тому, що похибку базової частини пристосування, можна вважати як

систематичну похибку. Всі розрахунки тоді проводяться лише для змінних частин пристосування.

Проектування групової оснастки - складний процес. Спроектowana оснастка підходить для обробки будь-якої деталі групи. Вона має забезпечувати задану точність обробки, а час на її переналагодження повинен бути мінімальним. Тому доцільним для зменшення часу на переналадку використовувати оснастку з ЧПК [11].

2.5. Висновки до 2-го розділу

Розглянуто сутність процесу групування деталей за рядом класифікаційних ознак. Зазначено, що створення групових процесів виготовлення деталей базується на різних методах групування деталей.

Розглянуті рекомендації щодо групування деталей під час проектування групових процесів.

На основі аналізу показано, що в умовах серійного виробництва найбільше поширення одержав метод групування деталей за типом обладнання, технологічним оснащенням, налагодженням верстатів з використанням комплексної деталі.

Показано використання методики проектування комплексної деталі шляхом групування деталей та за комплексом основних ознак, які об'єднують різні деталі групи.

Встановлено, що основним методом проектування є метод адресації, що характеризується високим ступенем типізації рішень і ґрунтується на існуючих техпроцесах, шляхом пошуку деталей – аналогів.

Дане обґрунтування проектування технологічної оснастки для групового техпроцесу на основі класифікації деталей для комплексної деталі. Встановлено, що конструювання групового пристрою нерозривно пов'язане з розробкою групового технологічного процесу та створюється на основі групових блоків, які забезпечать просту й надійну заміну змінних елементів.

РОЗДІЛ 3

Проектування групової технології механічної обробки наконечників

3.1. Створення комплексної деталі наконечника

Наконечник бокової тяги кермової трапеції зовнішній та внутрішній використовується у системі рульового управління автомобілів, як корпус кульової опори за допомогою якої тяги з'єднують у кермову трапецію (рис. А.1, рис. А.2).

Наконечники мають форму вигнутого стержня з потовщенням з однієї сторони. Обробці підлягають так поверхні деталей: конічний отвір з точністю обробки за 9 квалітетом точності; внутрішні циліндричні поверхні, зовнішня канавка, різьбова поверхня М14×1,5 для з'єднання з тягою. Виготовляються наконечники із сталі 35 ДСТУ 7809:2015. Деталі з якої витримують найбільші напруження [1]. Характеристики матеріалу Ст 35 представлені у таблицях А.1 та А.2.

Аналізуючи креслення для групування деталей встановлюємо необхідні дані:

- обидві деталі виготовляють зі Ст 35 ДСТУ 7809:2015;
- схожі за геометричною формою;
- точність і шорсткість поверхонь однакова.

Таким чином попередньо робимо висновок, що для виробництва наконечників можна використати однакове обладнання та інструмент (розміри деталей не сильно відрізняються). Тому раціонально виконати групування за конструктивно-технологічною схожістю. Виходячи з цього заносимо ці деталі до одної групи. Оскільки в групі не має деталі, яку можна визнати як комплексну, тому створюємо її штучно методом накладання поверхонь. Беручи за основу креслення наконечників розробляємо креслення комплексної деталі, накладаючи неvistачаючі поверхні (рис. А.3).

До комплексної деталі висувається ряд технічних вимог:

1. НВ 187...228.
2. Не співвісність осей отворів відносно загальної осі не більше 0,5 мм.
3. Допускаються задири по контуру обрізу не більше 0,75 мм.
4. Не вказані малі радіуси 2 мм.
5. Не вказані нахили 7° .

6. У варіанті Б допускається зміщення осі різьбової частини наконечника $0 \pm 0,5$ мм відносно теоретичної вісі конусної поверхні.

7. Не вказані граничні відхилення відповідно за ДСТУ 2651-94.

Для зручності розробки техпроцесу упорядкуємо розміри деталей і поверхні

які вони містять. Складаємо матрицю розмірів на базі аналізів креслення наконечників. Матриця групи наведена в таблиці А.3.

У комплексній деталі є всі конструктивні елементи наконечників, які входять до групи. Для комплексної деталі розробляємо груповий технологічний процес.

3.2. Розробка групового технологічного процесу механічної обробки наконечника

Наконечники мають однакове службове призначення та незначні конструктивні відмінності. Тому доцільно спроектувати груповий технологічний процес виготовлення наконечників тяг з використанням верстатних пристроїв, які швидко переналагоджуються. Це дасть економію засобів і часу на технологічну підготовку виробництва, зменшить трудомісткість виготовлення наконечників. Для цього використаємо для обробки внутрішніх поверхонь наконечників семи позиційний верстат з ЧПК. Різенарізну операцію (різь М14×1,5) наконечника бокової тяги рульової трапеції зовнішнього проводимо на різенакатному автоматі, для роботи на якому не потрібна висока кваліфікація робітника.

Комплексна деталь містить у собі всі конструктивні елементи деталей групи. Для комплексної деталі розробляємо груповий технологічний процес представлений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Груповий технологічний процес

Назва операції, її зміст	Обладнання, модель
005 Свердлильно-розточна ЧПК 1.Свердлити отвір $\varnothing 22$ мм наскрізь 2. Зенкерувати отв. до $\varnothing 30_{-0.05}$ мм 3. Зенкерувати отв. до $\varnothing 37 \pm 0.2$ мм 3. Розвернути канавку $\varnothing 39^{+0.3}$ мм 4. Зенкерувати отв. до $\varnothing 30,185$ мм 5. Розвернути отв. до $\varnothing 30,518$ мм	2206ВМФ-4
010 Горизонтально - фрезерна 1. Фрезерувати паз	6Р81Г
015 Токарно-гвинторізна 1. Точити поверхню до $\varnothing 38 \pm 0.5$ в р-р 5,5 мм 2. Точити канавку до $\varnothing 38_{-0.6}$	16К20
020 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати торець 2. Фрезерувати площину	6Р12
025 Різенакатна 1. Нарізати різь М14×1.5 в р-р $15,5 \pm 0.2$ мм	А2528

Матриця групового технологічного процесу обробки наконечників наведена в таблиці 3.2. На основі матриці проводиться деталізація техпроцесу для кожної деталі із групи.

Таблиця 3.2 - Матриця переходів

Позначення деталі	Ескізи деталей	Переходи													Комплексна деталь					
		Свердлити отв. 1	Зенкерувати пов.4, фаску 3	Зенкерувати пов. 4, фаску 5	Зенкерувати пов. 2	Розточити канавку 6	Розвернути пов. 2	Зенкувати фаску 1	Точити пов. 7	Точити канавку 8	Фрезерувати канавку 9	Фрезерувати пов.12	Фрезерувати торець 13	Свердлити отв. 10		Точити пов.11	Нарізати різь 14			
А		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
Б		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+			

Розробка техпроцесу для конкретної деталі групи відбувається за рахунок деталізації групового процесу. Для цього користуючись матрицею переходів застосовуємо виключення непотрібних операцій.

3.3. Детальна розробка техпроцесу для деталей групи

3.3.1. Вибір заготовки

Вибір заготовки визначається конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, програмою випуску. Заготовкою для наконечників є штамповка із Ст 35 ДСТУ 7809:2015 [13], яка отримується такими способами :

- 1- гарячою штамповкою на молотах у відкритих багато потокових штампах;
- 2 - штампова на кривошипно-гарячоштампових пресах (КГШП) з нероз'ємними матрицями.

Визначальним фактором вибору методу отримання заготовки є економічна собівартість її виготовлення. Собівартість заготовки-штамповки [14] :

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \times Q \times K_m \times K_c \times K_e \times K_m \times K_n \right) - (Q - q) \times \frac{S_{від}}{1000}$$

Розрахунок собівартості наведено у таблиці 3.3.

Економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E = (S_{заг2} - S_{заг1}) \times N ,$$

де $S_{заг1}$ і $S_{заг2}$ – відповідно собівартість одержання заготовки штамповою та куванням;

N – річна програма випуску наконечників, шт.

$$E = (S_{заг2} - S_{заг1}) \times N = (73 - 69) \times 80000 = 320000 \text{ грн.}$$

Таким чином застосування гарячої штамповки (поковки) на молотах у відкритих багатопотокових штампах є економічно вигідним для отримання заготовок наконечників

Таблиця 3.3 – Визначення собівартості заготовки

№ п / п	Назва показника формули	Позначення	Величина	
			Гаряча штамповка на молотах	Штамповка на ГКШП
1	Вартість 1т заготовки	C_i	3750	3750
2	Коефіцієнт точності	K_T	1,0	1,05
3	Коефіцієнт матеріалу	K_M	1,0	1,0
4	Коефіцієнт складності	K_C	1,0	1,0
5	Коефіцієнт об'єму виробництва	K_B	1,85	1,85
6	Коефіцієнт маси	K_{Π}	1,0	1,0
7	Маса заготовки, кг	Q	0,58	0,58
8	Маса деталі, кг	q	0,52	0,52
9	Ціна 1т відходів, грн	$S_{\text{від}}$	80	80
10	Собівартість виготовлення однієї заготовки, грн	$S_{\text{заг}}$	69	73

3.3.2. Вибір методу обробки окремих поверхонь

Вибір методу для обробки окремих поверхні деталей проводимо за коефіцієнтом уточнення [14], що розраховується за формулою:

$$E_p = \frac{T_z}{T_d},$$

де T_z і T_d – відповідно допуски на розмір заготовки та деталі.

Кількість методів обробки визначаємо за формулою: $n_p = \frac{\lg E_p}{0,46}$,

Визначимо число методів обробки поверхонь за коефіцієнтом уточнення:

- для поверхні отвір $\varnothing 37 \pm 0,2$ мм.

$$\text{Загальне уточнення: } E_p = \frac{1,4}{0,4} = 3,5$$

$$\text{Кількість переходів: } n_p = \frac{\lg 3,5}{0,46} = 1,1$$

Приймаємо $n = 1$. Різниця квалітетів заготовки та деталі: $16 - 13 = 3$. Задана точність обробки досягається зенкеруванням.

- для поверхні лиска розміром $15 \pm 0,25$ мм.

$$\text{Загальне уточнення: } E_p = \frac{1,5}{0,5} = 3$$

$$\text{Кількість переходів: } n_p = \frac{\lg 3}{0,46} = 1,03$$

Прийmemo $n = 1$. Різниця квалітетів заготовки та деталі: $16-14 = 2$. Задана точність обробки досягається чорновим фрезеруванням.

- для поверхні торець р-р $50 \pm 0,44$ мм.

$$\text{Загальне уточнення: } E_p = \frac{4}{0,88} = 4,5$$

$$\text{Тоді кількість переходів: } n_p = \frac{\lg 4,5}{0,46} = 1,4$$

Прийmemo $n = 1$, для зменшення трудомісткості обробки. Різниця квалітетів заготовки та деталі: $16-14=2$. Задана точність обробки досягається чорновим фрезеруванням.

3.3.3. Обґрунтування вибору баз

Основними базами наконечників є торець та конічний отвір. Тому на операції 005 за бази приймаємо торець поверхні (установочна база) та зовнішню циліндричну поверхню (направляюча база). На 010 – за бази приймаємо торець поверхні (установочна база) та конічний отвір (направляюча база). На 015 – за бази приймаємо торець поверхні (установочна база) та конічний отвір (направляюча база). На 020 – зовнішня циліндрична поверхня, поверхня зовнішнього кільця, що є направляючими базами.

Розрахунок обґрунтування вибору баз наводимо нижче.

005 Свердлильно-розточна ЧПК - розмір $\varnothing 30,518_{-0,2}$ мм (рис. А.4)

$$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y;$$

$$\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0; \quad \omega_y = 0,1.$$

$$\omega = 0 + 0,1 = 0,1 \text{ мм}; \quad T = 0,2 \text{ мм}.$$

010 Горизонтально фрезерна розміри $8^{+0,5}$ мм (рис. А.5)

$$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y;$$

$$\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0; \quad \omega_y = 0,3.$$

$$\omega = 0 + 0,3 = 0,3 \text{ мм}; \quad T = 0,5 \text{ мм}.$$

015 Токарно-гвинторізна розмір $\varnothing 38_{-0,6}$ мм (рис. А.6)

$$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y;$$

$$\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0; \quad \omega_y = 0,2.$$

$$\omega = 0 + 0,2 = 0,2 \text{ мм}; \quad T = 0,6 \text{ мм}.$$

020 Вертикально- фрезерна

- розмір $50 \pm 0,44$ мм (рис. А.7)

$$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y;$$

$$\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,1; \quad \omega_y = 0,62.$$

$$\omega = 0,1 + 0,62 = 0,72 \text{ мм}; \quad T = 0,88 \text{ мм}$$

- розмір $15 \pm 0,25$ мм (рис. А.8)

$$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y;$$

$$\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,1; \quad \omega_y = 0,18.$$

$$\omega = 0,1 + 0,18 = 0,28 \text{ мм}; \quad T = 0,3 \text{ мм}$$

3.3.4. Визначення припусків і операційних розмірів

Розрахуємо припуски та міжопераційні розміри на обробку на прикладі поверхні $\varnothing 37 \pm 0,2$ з чистотою поверхні $R_z 40$, що є спільною для обох наконечників групи.

Розрахунок припусків на обробку поверхні ведемо за методом джерела [14]. Для цього складаємо таблицю 3.4, в яку записуємо технологічний маршрут обробки поверхні і всі значення елементів припуску.

Таблиця 3.4 - Розрахунок припусків і граничних розмірів для обробки поверхні
 $\varnothing 37 \pm 0,2$ мм

Техно-логічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мм	Розрахунковий р-р d_p , мм	До-пуск, δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				d min	d max	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовка	150	200	39,8	-		36,48	1400	35,08	36,48		
Зенкування	50	50	1,99	100	2×460	37,4	400	37	37,4	920	1920

Наведемо розрахунки для окремих значень представлених у таблиці.

Елемент припуску просторові відхилення :

$$\rho_{zag} = \sqrt{C_o^2 + (\Delta y \cdot l)^2} ,$$

$\Delta y = 0,9$ мкм/мм; $C_o = 25$ мкм [14].

$$\rho_{zag} = \sqrt{25 + (0,9 \cdot 34,5)^2} = 39,8 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{zen} = \rho_{zag} \cdot k_y = 39,8 \cdot 0,05 = 1,99 \text{ мкм}$$

Елемент припуску похибка установки :

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} ,$$

де $\varepsilon_0 = 0$ – похибка базування для встановлення на конічний базовий палець і в центрах ;

$\varepsilon_3 = 100$ мкм – похибка закріплення [14].

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 100^2} = 100 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків проводимо за формулою :

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Мінімальний припуск:

$$2z_{\min zen} = 2 \times (150 + 200 + \sqrt{39,8^2 + 100^2}) = 2 \times 460 \text{ мкм}$$

Розрахунковий розмір:

$$d_{p zen} = 37 + 0,4 = 37,4 \text{ мм}$$

$$d_{p zar} = 37,4 - 0,92 = 36,48 \text{ мм}$$

Граничний розмір d_{\min} :

$$d_{\min \text{ зен}} = 37,4 - 0,4 = 37$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 36,48 - 1,4 = 35,08$$

Граничний розмір d_{\max} :

$$d_{\max \text{ зен}} = 36,48 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 37,4 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків:

$$2z_{\min \text{ зен}}^{np} = 37,4 - 36,48 = 920 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max \text{ зен}}^{np} = 37 - 35,08 = 1920 \text{ мкм}$$

На основі проведених розрахунків будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків для обробки отвору $\varnothing 37 \pm 0,2$ мм (рис. А.9).

Перевірка підтверджує правильність розрахунку припусків і розмірів:

$$2z_{\max \text{ зен}}^{np} - 2z_{\min \text{ зен}}^{np} = \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{зен}}$$

$$1920 - 920 = 1400 - 400; \quad 1000 = 1000$$

Припуски на обробки інших поверхонь наведено у таблиці А.4.

3.3.5. Визначення режимів різання та нормування технологічного процесу

Визначення режимів різання проводимо за двома методами аналітичним (за емпіричними формулами) і за довідниковими таблицями.

Розраховуємо режими для операції 005 Свердлильно –розточної ЧПК – свердління отвору $\varnothing 22$ мм (перехід 1).

Приймаємо інструмент – свердло $\varnothing 22$ мм із швидко ріжучої сталі Р6М5.

Глибина різання при свердлінні: $t = \frac{D}{2} = \frac{22}{2} = 11 \text{ мм}$

Подача для свердління $S = 0,31$ мм/об [15], стор. 152.

За паспортними даними верстата $S = 0,28$ мм / об

Швидкість різання для свердлінні розраховується за формулою :

$$v = \frac{C_v^{Z_v} \cdot D^{X_v}}{T^m \cdot S^{Y_v}} \cdot K_v \quad \text{м/хв.} \quad [14], \text{ стор } 389$$

де $C_v^{Zv} = 7$; $Y_v = 0,7$; $X_v = 0,4$; $m = 0,2$ [14] стор. 276.

$T = 50$ хв – стійкість свердла, [14] стор. 279.

$K_v = k_m \cdot k_n \cdot k_e = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$k_m = 1$ - коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки, [14] стор. 261;

$k_n = 1$ - коефіцієнт, який залежить від матеріалу інструменту, [14] стор. 263;

$k_e = 1$ - коефіцієнт, який враховує глибину свердління, [14] стор. 280.

$$v = \frac{7 \cdot 22^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,31^{0,7}} \cdot 1 = 25 \text{ м/хв}$$

$$\text{Розрахункове число обертів: } n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 22} = 361,7 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата коректуємо до $n = 355$ об/хв.

$$\text{Дійсна швидкість різання: } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 22 \cdot 355}{1000} = 24,5 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Силу різання: } P = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н}$$

$C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ [14], стор. 281

$$K_p = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,35} = 1,0 - \text{коефіцієнт, який враховує фактичні умови}$$

обробки.

$$P = 10 \cdot 68 \cdot 22^{1,0} \cdot 0,28^{0,7} \cdot 1,0 = 6590 \text{ Н}$$

Крутний момент на свердлі:

$$M_k = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y, \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$C_m = 0,0345$; $y = 0,8$; $q = 2,0$ [4] стор. 394

$$M_k = 10 \cdot 0,0345 \cdot 22^{2,0} \cdot 0,28^{0,8} = 65,4 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

$$\text{Ефективна потужність різання: } N_e = \frac{M_k \cdot n}{975 \cdot 1000} = \frac{65,4 \cdot 355}{975 \cdot 1000} = 2,38 \text{ кВт}$$

Потужність прийнятого верстату 2206ВМФ-4 становить 3,0 кВт [15].

Режими різання механічної обробки деталі зведені у таблиці А.5

Для групового техпроцесу розраховується норма штучно-калькуляційного часу та його елементів за методою викладено у [14].
Результати розрахунків записуємо в таблицю А.6.

3.4. Висновки до 3-го розділу

У розділі на основі розгляду конструкції наконечників встановлено, що раціонально виконати групування за конструктивно-технологічною схожістю для створення комплексної деталі.

Під час аналізу технологічних процесів виготовлення наконечника бокової тяги рульової трапеції зовнішнього та наконечника бокової тяги рульової трапеції внутрішнього встановлено, що відрізняються вони лише наявністю деяких технологічних операцій, крім того механічна обробка проводиться на однаковому технологічному обладнанні з використанням однакового інструменту.

Розроблено креслення комплексної деталі та сформульовані технічні вимоги до неї. В роботі представлено груповий технологічний процес механічної обробки наконечників розроблений на основі матриці. На основі матриці групового технологічного процесу обробки наконечників провели деталізацію техпроцесу для деталей групи, що включає: вибір заготовки; методів обробки окремих поверхонь; обґрунтування технологічних баз; визначення припусків, режимів різання та технічної норми часу.

РОЗДІЛ 4

Проектування пристроїв для обробки деталей на верстатах за груповим техпроцесом

4.1. Проектування пристрою для групової обробки деталей

4.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою для групової обробки

Пристрій призначений для фрезерування пазу в наконечниках тяг. Розмір поверхні для обробки – канавка становить $8^{+0,2}$ мм і забезпечується інструментом – дисковою фрезою $\varnothing 80$ мм 2240-0107 ДСТУ ISO 2584:2018 шириною $B=8$ мм.

В якості установочної бази доцільно прийняти отвір $\varnothing 37 \pm 0,2$ мм оброблений на свердлильно-розточній операції ЧПК.

За установочний елемент пристрою приймаємо палець $\varnothing 36,5$ мм. Затиск виконується пневмоприводом.

4.1.2. Силовий розрахунок параметрів приводу пристрою для групової обробки

Сила різання [16]:

$$P_z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^n \times z}{D^q \times n^\omega} \times k_{mp},$$

де $C_p=68,2$; $x=0,86$; $y=0,72$; $n=2,07$; $q=0,86$; $\omega=0$;

$z=18$ - кількість зубів фрези;

$n=800$ об/хв – число обертів

$S_z=0,05$ мм/зуб- подача на один зуб.

$$P_z = \frac{10 \times 68,2 \times 3,6^{0,86} \times 0,05^{0,75} \times 8^{2,07} \times 18}{80^{0,86} \times 800^0} \times 0,7 = 4406 \text{ Н}$$

Таке зусилля сприймає установочний елемент пристрою – палець, затискний елемент пристрою - складову сили різання P_y [16]:

$$P_y = 0,6 \times P_z = 0,6 \times 4406 = 2643,6 \text{ (Н)}.$$

Сила затиску рівна $Q = k \times P_y = 3 \times 2643,6 = 73490,8 \text{ (Н)}$,

де $k = 3$ – коефіцієнт запасу, що враховує силу тертя, масу заготовок тощо.

Для забезпечення сили затиску приймаємо пневмоциліндр із розрахунковим діаметром: $D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times p \times \eta}} = \sqrt{\frac{4 \times 7390,8}{\pi \times 0,6 \times 0,9}} = 132 \text{ (мм)}$,

де $p = 0,6 \text{ МПа}$ – тиск повітря в системі;

$\eta = 0,9$ - к.к.д приводу.

Приймаємо пневмоциліндр діаметром 150 мм [17].

Сила затиску, яка розвивається прийнятим циліндром забезпечує надійний затиск заготовок:

$$P = \frac{\pi \times D^2 \times p \times \eta}{4} = \frac{\pi \times 150^2 \times 0,6 \times 0,9}{4} = 9542,6 \text{ (Н)}$$

4.1.3. Загальний опис конструкції, принцип дії пристрою для групової обробки

Заготовки встановлюються на циліндричні пальці, хвостами кладуть на пластину, прижимаються знизу, фреза прорізає паз в 4-х заготовках.

Під час подачі повітря в ліву частину пневмоциліндра втулка 46 переміщається вправо. Вона рухається по двох нерухомих роликах. Ролик 17 переміщається вгору і тягне за собою важіль 31. Точками опори затискує пальці 14 і прижимає деталі до установочного пальця.

За прохід дискової фрези вирізається паз 8 мм. Після прорізанняпазу, повітря подається в праву порожнину пневмоциліндра. Втулка 46 переміщається вліво, ролик 17 – вниз, важіль 21 повертається вниз і розжимає деталь.

За допомогою шпонок 67 пристрій орієнтується на столі верстату. Болтами, що вставляються в пази за допомогою гайок пристрій кріпиться до столу верстату. Креслення пристрою наведено на листах в. А.1.

4.2. Пристрій для обробки окремої деталі групи

4.2.1. Пристрій для фрезерування торця в наконечнику

Пристрій використовується для фрезерування торця наконечника бокової тяги рульової трапеції зовнішнього. Для затиску використано – важільний механізм із застосуванням пневмоприводу. Пневмопривід – пневматичний циліндр Ø 200 мм і довжиною робочого ходу $L_{p.x} = 75$ мм.

4.2.2. Розрахунок пристрою для фрезерування торця в наконечнику на точність

$$\text{Похибку пристрою: } E \leq \delta - k \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2},$$

де $\delta=0,87$ мм (h14) – допуск на відповідний розмір деталі, що заданий за кресленням, мм;

$K = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу окремих складових;

$\varepsilon_3= 0,2$ мм – похибка, що виникає при закріпленні деталі в результаті дії сили затиску [16];

$k_1 = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах;

ε_δ – похибка базування заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_\delta = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) = \frac{0,87}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}} - 1 \right) = 0,18(\text{мм})$$

$$\text{Звідси } E \leq 0,87 - 1,1 \times \sqrt{0,8 \times 0,18)^2 + 0,2^2} = 0,6 \text{ (мм)}.$$

4.2.3. Опис конструкції та принципу дії пристрою для фрезерування торця в наконечнику

Пристрій використовується для фрезерування торця наконечника бокової тяги рульової трапеції зовнішнього. Він розрахований на одночасне встановлення двох заготовок. В якості установочної бази деталі використано канавку, яка оброблена на токарно-гвинторізній операції. В якості установочних елементів використано дві призми.

Під час подачі повітря в праву частину циліндра вилка 18 рухає важіль 12, який в свою чергу затискає наконечник. Після фрезерування торця, повітря подається в ліву частину пневмоциліндра, важіль рухається вгору в розтискає заготовку. Пристрій встановлюється на вертикально-фрезерний верстат і закріплюється двома болтами до столу верстату. Для цього в корпусі пристрою передбачено два пази. У корпусі пристрою передбачено два вікна для транспортування пристрою. Креслення пристрою наведено на листі ф. А.1.

4.3. Висновки до 4-го розділу

В результаті виконання даного розділу розроблено складальне пристосування для операції 005, що виконується на верстаті 2066ВМФ-4 та операції 020, що виконується на верстаті моделі 6Р12.

Результати виконання проектування пристосувань:

- вибрано установочні бази деталі;
- розроблена конструкція пристосування для обробки групи деталей - фрезерування пазу в наконечниках тяг $8^{+0,2}$ мм;
- розроблена конструкція пристосування для обробки окремої деталі групи – обробка торця в розмір 115 мм;
- розраховані параметри приводу;

- проведено розрахунки пристроїв на точність;

- на основі отриманих даних в якості привода вибрано для операції 005 пневмоциліндр з наступними параметрами: діаметр поршня $D=150$ мм, що забезпечує необхідну силу затиску $Q=0542,6$ Н; для пристрою на 020 операцію - $D=200$ мм;

- встановлено, що пристрої забезпечує необхідну точність обробки, оскільки сумарні похибки пристрою значно менші допуску на розмір оброблювальних поверхонь.

РОЗДІЛ 5

Організаційно-економічне планування групової обробки деталей

5.1. Визначення приведеної програми

В умовах серійного типу виробництва виготовлення наконечників проходить партіями за груповою формою організації виробництва, яка характеризується однорідністю конструктивно-технологічних ознак виробів, єдністю засобів технологічної оснастки однієї чи декількох технологічних операцій та спеціалізацією робочих місць. Номенклатура виробів на даній ділянці буде включати обробку двох деталей наконечників бокової тяги кермової трапеції зовнішнього та внутрішнього. Річна програма випуску становить 80000 штук.

5.2. Розрахунок річної кількості робочих місць, обладнання. Встановлення типу виробництва та організаційної форми

Працемісткість механічної обробки річного випуску всіх виробів [18]:

$$T_{\partial} = \sum T_{шт.к.} \cdot N,$$

де $N = 80000$ шт - річна програма випуску виробу.

Для наконечника бокової тяги кермової трапеції внутрішнього:
 $T_{д} = (1,3 + 0,22 + 0,62 + 0,4) \times 80000 = 203200$ хв.

Для наконечника бокової тяги кермової трапеції зовнішнього:
 $T_{д} = (1,3 + 0,22 + 0,62 + 0,38 + 0,38) \times 80000 = 232000$ хв.

Значення $T_{шт-к}$ беремо з табл. А.6.

Таблиця 5.1 - Відомість працемісткості

Назва виробу	Програма випуску	Маса одного виробу, кг	Працемісткість, верст/год	
			на виріб	на річну програму
наконечника бокової тяги кермової трапеції внутрішній	80000	0,52	2,54	203200
наконечника бокової тяги кермової трапеції зовнішній	80000	0,52	2,9	232000

Виходячи з того, що прийнята групова форма організації виробництва, доцільніше для нашого випадку групувати трудомісткість за видами операцій і обладнання.

Таблиця 5.2 - Зведена трудомісткість за операціями

№ п/п	Назва обладнання	Модель обладнання	Розряд роботи	$\sum T_0$, хв	$\sum T_{шт.к.}$, хв
1.	Свердлильно-розточний	2206ВМФ-4	4	0,92	1,3
2.	Горизонтально-фрезерний	6Р81Г	4	0,04	0,22
3.	Токарно-гвинторізний	16К20	3	0,18	0,62
4.	Вертикально-фрезерний	6Р12	4	0,35	0,78
5.	Різенакатний	А2528	3	0,17	0,38

Кількість верстатів для кожної операції розраховуємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \times T_{шт-к}}{60 \times F_d \times \eta_n},$$

де N - річна програма, шт/рік;

$F_d = 4015$ год - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_n = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Фактичний коефіцієнт завантаження визначається за формулою:

$$\eta_\phi = \frac{m_p}{m_{пр}},$$

де $m_{пр}$ - прийнята кількість обладнання.

Таблиця 5.3 – Визначення кількості обладнання та коефіцієнту завантаження

№ опер.	Назва операції	N, шт/рік	$T_{шт-к}$, хв	m_p , шт	$m_{пр}$, шт	η_ϕ
005	Свердлильно-розточна	160000	1,3	0,8	1	0,8
010	Горизонтально-фрезерна	160000	0,22	0,2	1	0,2
015	Токарно-гвинторізна	160000	0,62	0,5	1	0,5
020	Вертикально-фрезерна	80000	0,78	0,35	1	0,35
025	Різенакатна	80000	0,38	0,2	1	0,2
	Всього		3,27		5	

Середній коефіцієнт завантаження:

$$\eta_c = \frac{\sum \eta_\phi}{5} = \frac{0,8 + 0,2 + 0,5 + 0,35 + 0,2}{5} = 0,41$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{\text{шт.к.}}}$$

де T_0 - основний час групи операцій за видом робіт, хв

Таким чином:

$$\eta_{o1} = \frac{0,92}{1,3} = 0,71; \quad \eta_{o2} = \frac{0,04}{0,22} = 0,18; \quad \eta_{o3} = \frac{0,18}{0,62} = 0,29; \quad \eta_{o4} = \frac{0,35}{0,78} = 0,45; \quad \eta_{o5} = \frac{0,17}{0,38} = 0,45$$

Середній коефіцієнт завантаження за основним часом:

$$\eta_{oc} = \frac{\sum \eta_o}{5} = \frac{0,71 + 0,18 + 0,29 + 0,45 + 0,45}{5} = 0,42$$

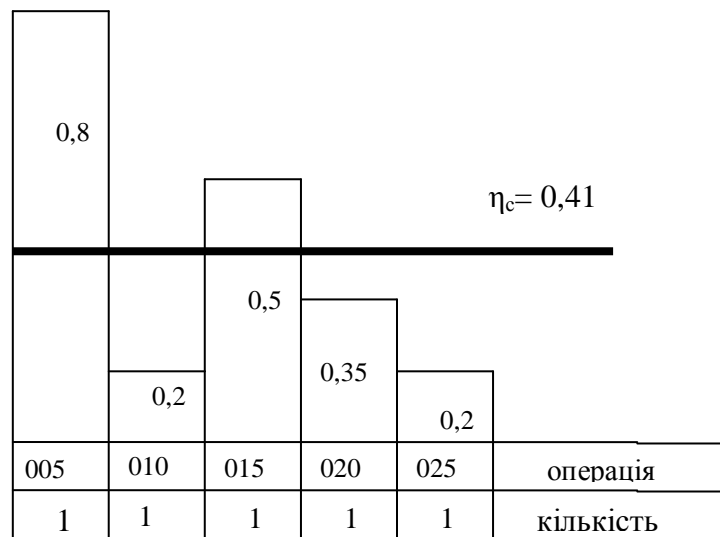


Рис. 5.1 - Графік завантаження обладнання за операціями

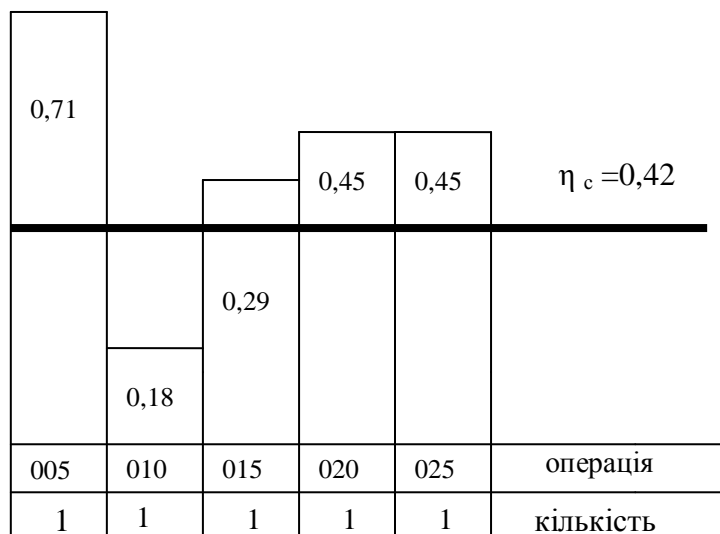


Рис. 5.2 - Графік завантаження за основним часом

Для групової форми організації праці дільниця проектується як предметно-замкнена. Тому потрібен підбір типових деталей, і використання для виготовлення однакового обладнання, щоб забезпечити нормальне його завантаження.

Верстатомісткість всіх деталей, що входять в номенклатуру проектної дільниці, визначаємо за верстатомісткістю до основної деталі за коефіцієнтами приведення. Загальний коефіцієнт приведення:

$$K_o = K_m \times K_{сер} \times K_{скл},$$

де K_m – коефіцієнт приведення за масою;

$K_{сер}$ - коефіцієнт приведення за серійністю

$K_{скл}$ - коефіцієнт приведення за складністю.

$$\text{Коефіцієнт приведення за масою : } K_m = 3\sqrt{\left(\frac{Q_x}{Q}\right)^2}$$

де Q – маса деталі – представника,

Q_x - маса приведеної деталі,

$$\text{Коефіцієнт приведення за серійністю : } K_{сер} = \left(\frac{N}{N_x}\right)^{0,15+0,2}$$

де N – виробнича програма деталі – представника;

N_x – виробнича програма приведеної деталі;

0,15 – показник для середнього машинобудування;

$$\text{Коефіцієнт приведення за складністю : } K_{скл} = \left(\frac{H_x}{H}\right)^{0,5}$$

де H_x – число оброблюваних поверхонь приведеної деталі,

H – число оброблюваних поверхонь деталі – представника.

Верстатомісткість кожної деталі : $T_x = T \times K_o$,

де T_x – верстатомісткість обробки приведеної деталі;

$T = 16,46$ хв – верстатомісткість обробки деталі – представника;

K_o – загальний коефіцієнт приведення.

Таблиця 5.4 - Розрахунок верстатомісткості деталей дільниці

№ п/п	Познач. тип.дет.	Програма	Маса	К-сть обр. пов.	Км	Ксер	Кскл	Ко	T _x	T _x ×N, год
1	наконечника бокової тяги рульової трапеції внутрішній	80000	0,52	9	1	1	1	1	2,54	3387
2	наконечника бокової тяги рульової трапеції зовнішній	80000	0,34	10	0,75	1	1,05	0,79	2,9	3867
3	наконечника бокової тяги рульової трапеції поперечний	160000	0,36	8	0,74	1,26	0,94	0,88	2,76	7360
4	наконечника бокової тяги рульової трапеції повздовжній	80000	0,42	11	0,87	1	1,11	0,97	3,57	4760
5	Вал	32000	8,5	22	3,01	1	1,41	4,24	69,8	37227
6	Вал	45000	0,8	14	0,65	1	1,11	0,72	11,85	8888
7	Вал	40000	2,3	11	1,31	1	1	1,31	21,56	14373
8	Вал	45000	3,5	17	1,33	1	1,24	1,65	27,16	20369
9	Вал	80000	5,0	14	2,19	1,12	1,11	2,72	44,77	59695
10	Вал	52000	4,7	16	2,21	1	1,21	2,67	29,73	25766
12	Вал	16000	9,1	15	3,27	0,97	1,17	3,71	43,95	11720
13	Вал	34000	1,9	8	1,15	1,12	0,85	1,09	17,94	10167
14	Вал	469000								207579

Маючи загальну верстатомісткість обробки всіх деталей, визначаємо загальну кількість необхідного обладнання за формулою:

$$C_n = (T_x \times N) / (F_d \times 60 \times K_3),$$

де $K_3 = 0,8$ – коефіцієнт завантаження верстатів.

$$C_n = 207579 / (4015 \times 0,8) = 64,6 \approx 65 \text{ верстати.}$$

Для механічної обробки виробів на проектній дільниці необхідно 65 верстати. Враховуючи, що в цеху аналогічних 2 дільниці, всього металорізального обладнання цеху: $C_{\text{п.цеху}} = 65 \times 2 = 130$.

Кількість обладнання на допоміжних дільницях визначаємо за нормативами від кількості основного обладнання (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Кількість допоміжного обладнання цеху

Назва дільниці	Норматив	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Заточувальна	5%	6,5	7
Ремонту оснащення	3%	3,9	4
Ремонту обладнання	4%	5,2	6
Всього			17

Загальна кількість верстатів цеху :

$$C_n = C_o + C_d = 130 + 17 = 147 \text{ верстатів.}$$

Число робітників – верстатників визначаємо за формулою :

$$P_{\text{вер}} = (T_v \times N) / (\Phi_d \times K_m)$$

де $P_{\text{вер}}$ – розрахункове число виробничих робітників-верстатників;

T_v – трудомісткість верстатних робіт;

N – річний об'єм випуску;

Φ_d – дійсний річний фонд часу робітника;

K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

$$P_{\text{вер}} = 207579 / (1860 \times 1,0) = 112 \text{ робітників.}$$

Для обробки наконечника бокової тяги кермової трапеції внутрішнього і зовнішнього кількості робітників:

$$C = \frac{T_{\text{шт}} \times B_p}{60 \times \Phi_d \times T \times K_v \times K_m},$$

де $T_{\text{шт}}$ – працемісткість обробки деталі, хв.;

B_p – річний випуск продукції, шт.;

$\Phi_d = 1820$ год – дійсний річний фонд часу робітника;

T – число робочих змін;

K_v – коефіцієнт виконання норми;

K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Розрахунки за операціями наведено у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 - Кількість робітників

Операція	005	010	015	020	025
Кількість робітників	2	1	1	1	1

Кількість допоміжних робітників для серійного виробництва складає 30 ... 35 % від кількості робітників верстатників:

$$P_{\text{доп}} = P_{\text{вер}} \times 0,35 = 112 \times 0,35 = 40$$

Спеціалісти – 10 ...12 %; керівники – 2,3 ...3,8 %; службовці – 1,5... 3 % від кількості робітників-верстатників та допоміжних робітників.

$$P_{\text{спец}} = (P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}}) \times 0,12 = (112 + 40) \times 0,12 = 18$$

$$P_{\text{кер}} = (P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}}) \times 0,035 = (112 + 40) \times 0,035 = 6$$

$$P_{\text{служ}} = (P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}}) \times 0,03 = (112 + 40) \times 0,03 = 5$$

Всього працюючих в цеху :

$$P_{\text{цеху}} = P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}} + P_{\text{спец}} + P_{\text{кер}} + P_{\text{служ}} = 112+40+18+6+5=181 \text{ працівника.}$$

5.3. Вибір виду приміщення та площ

Для розрахунку виробничої площі цеху приймаємо норми питомих площ на один верстат механічного цеху $F_{\text{вер}} = 25 \text{ м}^2$ для всіх верстатів, так як по технічному процесу і габаритах оброблюваних деталей використовуються верстати середніх габаритів.

Таким чином, виробнича площа механічного цеху :

$$F_{\text{вир}} = C_n \times F_{\text{вер}}$$

Кількість виробничого обладнання - 130 од.

$$F_{\text{вир}} = 130 \times 25 = 3250 \text{ м}^2$$

Для обробки наконечника бокової тяги керової трапеції внутрішнього і зовнішнього: $F_1 = C_1 \times F_{\text{вер}} = 6 \times 25 = 150 \text{ м}^2$

Заточувальна ділянка: приймаємо $F_{\text{верс}} = 16 \text{ м}^2$ на 1 верстат.

$$F_{\text{зат}} = 16 \times 7 = 112 \text{ м}^2$$

Ділянка ремонту оснащення - комплектується верстатами середніх габаритів: приймаємо $F_{\text{верс}} = 25 \text{ м}^2$ на 1 верстат.

$$F_{рд} = 25 \times 4 = 100 \text{ м}^2$$

Цехова ремонтна база : приймаємо : $F_{верс} = 25 \text{ м}^2$ на 1 верстат

$$F_{црд} = 25 \times 6 = 150 \text{ м}^2$$

Контрольне відділення - 3...5 % верстатної площі цеху.

$$F_{к} = 0,03 \times 3250 = 98 \text{ м}^2$$

Складські приміщення - площа складів вираховується за формулою:

$$S = (A \times Q) / (q \times k \times m),$$

де A – час зберігання заготовок, деталей,

$$A_{заг} = 4 \text{ дні}, \quad A_{дет} = 9 \text{ днів}$$

$Q = 2256\text{т}$ - маса річного випуску заготовок, деталей;

$Q = 1327\text{т}$ - маса річного випуску деталей;

$q = 1,5 \text{ т/ м}^2$ – допустима вантажна потужність площі складу;

$k = 0,6$ - коефіцієнт використання площі складу;

$m = 254$ – кількість робочих днів в році.

Площа складу заготовок : $S_{заг} = (4 \times 2256) / (1,5 \times 0,6 \times 254) = 40 \text{ м}^2$

Площа складу деталей : $S_{дет} = (9 \times 1327) / (1,5 \times 0,6 \times 254) = 52 \text{ м}^2$

Загальна площа складів : $F_{скл} = S_{заг} + S_{дет} = 40 + 52 = 92 \text{ м}^2$

Приміщення переробки стружки і приготування ЗОР - площа встановлюється за умовою 1 м^2 розрахункової площі на одиницю технологічного обладнання :

$$F_{стр} = 1 \times 130 = 130 \text{ м}^2$$

Площа приміщення для зберігання та переробки ЗОР встановлюється за умови $0,5 \dots 1,5 \text{ м}^2$ на виробничий верстат:

$$F_{мор} = 1 \times 130 = 130 \text{ м}^2$$

$$F_{доп} = F_{заг} + F_{рб} + F_{црб} + F_{к} + F_{скл} + F_{стр} + F_{мор} = 112 + 100 + 150 + 98 + 92 + 130 + 130 = 812 \text{ м}^2$$

Загальна площа цеху: $F_{цеху} = F_{вир} + F_{доп}$

$$F_{\text{цеху}} = 3250 + 813 = 4062 \text{ м}^2$$

Площа адміністративно-конторських приміщень вираховується з розрахунку 4 м^2 на одного керівника, службовця спеціаліста.

$$F_{\text{сл}} = 29 \times 4 = 116 \text{ м}^2$$

Площа приміщення для відпочинку складає $0,9 \text{ м}^2$ на одного виробничого працівника:

$$F_{\text{відп}} = 0,9 \times 112 = 100 \text{ м}^2$$

Площа під їдальню і буфет вибирається з розрахунку 1 м^2 площі на одного працюючого: $F_{\text{їдал}} = 100 \text{ м}^2$

Площа санітарно-технічних приміщень вибирається з розрахунку $0,9 \text{ м}^2$ на одного працюючого: $F_{\text{стп}} = 181 \times 0,9 = 163 \text{ м}^2$

Загальна площа службово-побутових приміщень:

$$F_{\text{побут}} = F_{\text{сл}} + F_{\text{відп}} + F_{\text{стол}} + F_{\text{стп}} = 116 + 100 + 100 + 163 = 479 \text{ м}^2$$

5.4. Вибір типу приміщення, компоновка цеху, планування ділянки

Вибираємо головні параметри будівлі цеху : ширина прольоту $L = 24 \text{ м}$; крок колон $t = 12 \text{ м}$; висота від підлоги до низу конструкцій перекриття - $7,2 \text{ м}^2$.

Вибираємо таку сітку колон :

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 + & + & + & + & + & + & + & + & + & + & + \\
 + & + & + & + & + & + & + & + & + & + & + & 24 \times 2 = 48 \text{ м} \\
 + & + & + & + & + & + & + & + & + & + & + \\
 & & & & & & & & & & & 12 \times 10 = 120 \text{ м}
 \end{array}$$

Площа будівлі за розрахунком - 4541 м^2 .

Будівля механоскладального цеху – прямокутної форми з розмірами ширини до довжини 1:2,5. Сітка колон $24:12 \text{ м}$. Висота цеху – $7,2 \text{ м}$. Кількість проїздів – один магістральний. Допоміжні відділення розташовані вздовж прольотів пристінних колон. Складське приміщення

розташоване перпендикулярно до поздовжніх колон з торцьового боку цеху.

Приймаємо цех двох прольотний по 24м. Ширина цеху $24 \times 2 = 48\text{м}$, довжина $12 \times 10 = 120\text{м}$.

Тоді остаточно площа цеху за сіткою колон: $F = 48 \times 120 = 5760 \text{ м}^2$.

План ділянки розробляємо на основі компановки цеху. Верстати на ділянці розташовані за ходом технологічного процесу обробки наконечників по груповій ознаці.

На плані розміщення обладнання за допомогою умовних позначень показуємо: будівельні елементи, межі ділянки, технологічне обладнання, резервні місця під обладнання, місця для технічного контролю предметів праці, підйомно-транспортне обладнання, місця робітників, проїзди і проходи, промисловий підвід рідких і газоподібних речовин.

Приймаємо відстань від проїзду до фронтальної сторони верстату – 1000мм; відстань між верстатами – 500 мм; для електрокарів приймаємо ширину проїзду 2000 мм.

Укрупнено кількість кранів можна приймати для механічних цехів 1 кран на 40 ... 80 м довжини прольоту [19]. Приймаємо для цеху 2 крани.

Розроблені планування відповідно до рекомендацій джерела [20] наведено у додатку Б (рис Б.1-Б.2).

5.5. Економічна доцільність розробки групового технологічного процесу

Зменшення собівартості одиниці продукції ΔS під час модернізації технологічного процесу можна спрогнозувати методом питомої ваги [21]. Зменшення собівартості одиниці продукції визначаємо за формулою, грн:

$$\Delta S = \frac{B_{iA} - B_{iH}}{K_{iA}},$$

де B_{iA} – витрати на матеріал на одиницю продукції за технологічним процесом виготовлення окремих деталей, $B_{iA} = 75$ грн.;

$V_{ін}$ – витрати на матеріал на одиницю продукції за груповим технологічним процесом, $V_{ін} = 69$ грн.;

K_{iA} – частка і-ї статті витрат у собівартості продукції-аналога, $K_{iA} = 0,55 \dots 0,7$.

$$\Delta S = \frac{75 - 69}{0,6} = 10 \text{ (грн)}$$

Величину додаткових капітальних вкладень ΔK , грн.:

$$\Delta K = (2 \dots 4) \cdot V_{обл.}, \quad (5.9)$$

де $2 \dots 4$ – коефіцієнт, який враховує витрати на проектування, оренду приміщень, тощо;

$V_{обл.}$ – вартість обладнання, яке необхідно придбати для впровадження технологічного процесу.

Для групового технологічного процесу необхідно придбати верстати 5 верстатів.

Таблиця 5.7 – Вартість необхідного обладнання

Обладнання	Кількість обладнання на дільниці	Ціна, грн.	Вартість (вартість верстатів, що були у використанні, грн.
2206ВМФ-4	1	330000	330000
6P81Г	1	400000	40000
16K20	1	82000	82000
6P12	1	95000	95000
A2528	1	25000	25000
	5		572000

$$\Delta K = 2 \cdot 572000 = 1144000 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо термін окупності технологічного процесу та порівняємо його з нормативними, років:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\Delta S \cdot N'}$$

де N – обсяг виробництва нової продукції за рік для застосування групового технологічного процесу для виготовлення наконечників, $N = 2 \cdot 80000 = 160000$

шт.

$$T_{ок} = \frac{1144000}{10 \cdot 160000} = 0,72 \text{ (роки)}$$

5.6. Висновки до 5-го розділу

Розраховано кількість верстатів основного та допоміжного, працівників для виробничого підрозділу з виготовлення наконечників тяг керованої трапеції зовнішнього і внутрішнього за груповим технологічним процесом механічної обробки.

Спроековано за допомогою графічного пакету AutoCAD план виробничого підрозділу (цеху) та розміщення верстатів на ділянці з групової обробки наконечників для умов серійного виробництва.

В результаті проведених розрахунків було здійснено економічне обґрунтування доцільності групового технологічного процесу. Використання якого на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект завдяки зменшенню трудомісткості обробки, скороченню кількості працюючих та обладнання, зменшенню енерговитрат, зменшенню виробничих площ, підвищенню продуктивності, зменшенню вартості виробу.

Впровадження групового технологічного процесу потребує від інвестора прогнозовано 1144000 грн. капітальних вкладень та термін їх окупності 0,72 року. Отримані показники свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження групового технологічного процесу виготовлення деталі типу наконечників тяг керованої трапеції зовнішнього і внутрішнього.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено теоретичне дослідження використання методу групового виробництва деталей.

На основі аналізу теоретичних і практичних розробок, встановлено що в умовах серійного виробництва найбільш раціональним є організація групового виробництва. Таке виробництво базується на уніфікації його об'єктів, технологічних процесів та оснащення, а також створенню по детально спеціалізованих ділянок і багатомоделових групових ліній.

Показано, що групова технологія у всіх напрямках використання дає великий економічний ефект. Підвищується продуктивність обробки за рахунок переходу від технологій обробки деталей за одиничним до групового процесу. Відбувається це через використання високої продуктивності групової оснастки, введення механізації верстатів. Також групова технологія дозволяє скоротити термін технічної підготовки виробництва та зменшити вартість проектування оснастки шляхом заміни на групову.

Розглянуто сутність процесу групування деталей за рядом класифікаційних ознак. Зазначено, що створення групових процесів виготовлення деталей базується на різних методах групування деталей. Розглянуті рекомендації щодо групування деталей під час проектування групових процесів.

На основі аналізу показано, що в умовах серійного виробництва найбільше поширення одержав метод групування деталей з використанням комплексної деталі.

Показано використання методики проектування комплексної деталі шляхом групування деталей та за комплексом основних ознак, які об'єднують різні деталі групи.

Встановлено, що основним методом проектування є метод адресації, що характеризується високим ступенем типізації рішень і ґрунтується на існуючих техпроцесах, шляхом пошуку деталей – аналогів.

Встановлено, що конструювання групового пристрою нерозривно пов'язане з розробкою групового технологічного процесу та створюється на основі групових блоків, які забезпечать просту й надійну заміну змінних елементів.

Розроблено креслення комплексної деталі та сформульовані технічні вимоги до неї, на прикладі наконечників тяг кермової трапеції зовнішнього і внутрішнього. В роботі представлено груповий технологічний процес механічної обробки наконечників розроблених на основі матриці з деталізацію техпроцесу для деталей групи, що включає: вибір заготовки; методів обробки окремих поверхонь; обґрунтування технологічних баз; визначення припусків, режимів різання та технічної норми часу.

Розроблена конструкція пристосування для обробки групи деталей - фрезерування пазу в наконечниках тяг $8^{+0,2}$ мм та конструкція пристосування для обробки окремої деталі групи – обробка торця в розмір 115 мм.

Спроектовано за допомогою графічного пакету AutoCAD план виробничого підрозділу (цеху) та розміщення верстатів на ділянці з групової обробки наконечників для умов серійного виробництва.

В результаті проведених розрахунків було здійснено економічне обґрунтування доцільності групового технологічного процесу. Використання якого на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект завдяки зменшенню трудомісткості обробки, скороченню кількості працюючих та обладнання, зменшенню енерговитрат, зменшенню виробничих площ, підвищенню продуктивності, зменшенню вартості виробу.

Впровадження групового технологічного процесу потребує від інвестора прогнозовано 1144000 грн. капітальних вкладень та термін їх окупності 0,72 року. Отримані показники свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження групового технологічного процесу виготовлення деталі типу наконечників тяг кермової трапеції зовнішнього і внутрішнього.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. Технологія приладобудування: навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2010. 128 с.
2. Гурін В.А. Основи промислових технологій і матеріалознавства: навч.посібник. Рівне: НУВГП, 2019. 310с.
3. Сотников В.Д. Групові технологічні процеси в авіадвигунобудуванні: навч. посібник. Х. : Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2008. 80 с.
4. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник. Л.: Надстиря, 2006. 592с.
5. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: підручник. Житомир: ЖДТУ, 2005.357с.
6. Горбатюк, Є.О. Технологія машинобудування: Навчальний посібник. Львів: "Новий Світ2000", 2012. 358 с.
7. Національний стандарт України: URL: https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_b_v.2.6-169_2011.pdf (дата звернення: 12.09.2024).
8. Технологія машинобудування. URS:<https://uk.wikipedia>. (дата звернення: 10.09.2024).
9. Технологія машинобудування. URS: http://bookwu.net/book_tehnologiya-mashinobuduvannya_1079/ (дата звернення: 19.09.2024).
10. Технологія машинобудування. URS: <http://eztuir.ztu.edu.ua/handle>. (дата звернення: 1.10.2024).
11. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: навчальний посібник. Тернопіль: ТДТУ, 2004 . 131 с.
12. Halchuk T. N., Povstyanou O. Yu., *Bembenek M.*, Redko R. G., Chetverzhuk T. I., Polinkevych R. M. Impact of technological system's characteristics on the machining accuracy of bearing rings / *Journal of Engineering Sciences*. 2023, Vol. 10(1). P. A22-A30. URS: <https://jes.sumdu.edu.ua/volume-10-1-2023/>
13. Сталь 35: характеристики, властивості, продукція. URL: <https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal> (дата звернення: 10.09.2024).

14. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка: навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
15. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
16. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
17. Кузнєцов Ю.І. Оснащення для верстатів з ЧПУ: Довідник. К.: Машинобудування, 2003. 359 с.
18. Гальчук Т.Н. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва: елект. навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – „Прикладна механіка” денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <https://elib.lntu.edu.ua> (дата звернення: 10.10.2024).
19. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
20. Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983> (дата звернення: 15.10.2024).
21. Кавецький В.В., Козловський В.О. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 100 с.

ДОДАТКИ