НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»
*З*завідувач кафедри ІМ та ТМ д-р техн.
наук, професор М.Р. Ткач
« 12» 12. 2024 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра
на тему: «Удосконалення технології
виготовлення цапфи диска (m =1 мм, z =134)»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Студент групи 6261м _____ Лебедєв Є.В.
(прізвище та ініціали)
Керівник _____ Боду С.Ж.
(прізвище та ініціали)
Рецензент _____ Поліщук В.А.
(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2024

Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

Інститут _____Машинобудівний_навчально-науковий_____
Кафедра_____ ___Інженерної механіки та технології машинобудування____
Освітній рівень_____Магістр_____
Спеціальність _____131 «Прикладна механіка»_____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма_____«Технології машинобудування»_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д.т.н., професор М.Р.ТКАЧ
_____
“ 12 ” _____10_____2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

_____Лебедєва Євгенія Валерійовича_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1.Тема роботи „Удосконалення технології виготовлення цапфи диска (m = 1 мм, z =134)”
керівник роботи ст.викладач Боду С.Ж.
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “01” 10 .2024 р. № 1032-уч
2. Строк подання студентом роботи _____2.12.2024 р.
3. Вихідні дані до роботи ___Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарти; довідники
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)__1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.
2) Науковий розділ – Аналіз та дослідження з наукової теми роботи.
3) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.
4) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.
5) Проектування дільниці цеху – згідно методичних вказівок кафедри.
6) Організаційно-економічна частина – згідно методичних вказівок кафедри.
7,8) Охорона праці та навколишнього середовища – Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці.
9) Цивільний захист – згідно методичних вказівок кафедри.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту, налагодження до однієї з технологічних операцій, планування дільниці цеху, плакати до наукової частини

6. Консультанти розділів проекту

7.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
7,8			
Нормоконт-роль	Моргун С.О.		

Дата видачі завдання 11.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруківка у **форматі А3**)	25.10.2024	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 3)	6.11.2024	
3	Оформлення конструкторського розділу (4)	11.11.2024	
4	Оформлення наукового розділу (2)	22.11.2024	
5	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (7,8)	25.11.2024	
6	Оформлення розділу з цивільного захисту (9)	29.11.2024	
7	Оформлення креслень	до 2.12.2024	
8	Нормоконтроль (креслення у **форматі А3**)	2-9.12.2024	
9	Затвердження МР на кафедральному перегляді (**ПЗ,** креслення у **форматі А1**)	6-14.12.2024	
10	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі **PDF**)	11-16.12.2024	
11	Затвердження МР зав.кафедрою (**подання, аннотація**)	11-16.12.2024	
12	Рецензування	16-21.12.2024	

Студент **Лебедєв Є.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи **Боду С.Ж.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 11 » жовтня 2024р.

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі на тему «Удосконалення технології виготовлення цапфи диска (m = 1 мм, z = 134)» надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обгрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення, а також розглянуті питання застосування нових матеріалів ріжучих інструментів для обробки важкооброблюваних матеріалів.

В магістерській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, спроектована дільниця з виготовлення деталі, розраховані техніко-економічні показники дільниці і доцільність її проектування, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці.

Ключові слова: цапфа диск, заготовка, припуски, протягування, дільниця, 131 Прикладна механіка.

ANNOTATION

The master's thesis on the topic «Improvement of the disk wrist pin manufacturing technology (m = 1 mm, z = 134)» provides a description of the purpose of the part and the characteristics of the material from which it is made. It includes an analysis of its manufacturability, the selection and justification of the type of production, the development of the manufacturing process, and the consideration of new cutting tool materials for machining hard-to-process materials.

The master's thesis presents calculations for special fixtures, cutting, and measuring tools, designs a production section for manufacturing the part, calculates the technical and economic indicators of the section, and assesses the feasibility of its design. Additionally, measures for occupational safety and environmental protection at the section are developed.

Keywords: shaft-disc, workpiece, allowances, broaching, production section, 131 Applied Mechanics.

Зміст

Вступ……6
1. Загальна частина……7
1.1. Конструкція та призначення деталі……..7
1.2. Характеристика властивостей матеріалу цапфи-диска……9
1.3. Аналіз технологічності деталі……10
1.4. Визначення типу виробництва……12
2. Наукова частина……..…14
2.1. Введення……14
2.2. Технологія Wiper……14
2.3. Особливості обробки різних поверхонь……29
2.4. Додаткові засоби точіння……32
2.5. Використання сучасних надтвердих ріжучих матеріалів у металообробці ……..34
3. Технологічна частина ……38
3.1. Аналіз базового технологічного процесу……38
3.2. Вибір методу отримання заготовки, розрахунок розмірів……41
3.3. Розрахунок витрат на основні матеріали……43
3.4. Розрахунок припусків і граничних розмірів на технологічних переходах……44
3.5. Проектування технологічного процесу……51
3.6. Вибір устаткування і його характеристика……55
3.7. Вибір ріжучого інструменту……59
3.8. Вибір вимірювального інструменту……61
3.9. Розрахунок і призначення режимів різання……64
3.10. Технічне нормування……69
3.11. Програмування обробки на верстатах з ЧПК……72
4. Конструкторська частина……75
4.1. Пристосування для протягування ……75
4.2. Проектування протяжки……80

4.3. Контрольно-вимірювальне пристосування.....83
5. Проектування дільниці.....85
5.1. Коротка характеристика дільниці.....85
5.2. Визначення партії запуску деталей.....86
5.3. Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціях.....87
5.4. Визначення фонду часу роботи обладнання.....88
5.5. Розрахунок потрібної кількості устаткування і його завантаження.....89
5.6. Складання графіка завантаження обладнання.....91
5.7. Складання зведеної відомості обладнання.....92
5.8. Розрахунок площі дільниці.....92
5.9. Розрахунок висоти цеху.....95
5.10. Визначення виду й параметрів вантажопідйомного устаткування дільниці, виду наземного транспорту.....95
5.11. Визначення характеру й кількості утвореної стружки, заходу щодо її збирання.....96
5.12. Розробка планування дільниці.....96
5.13. Розрахунок чисельності працюючих на дільниці.....97
5.14. Визначення обсягів капітальних вкладень у дільницю механічного цеху по виготовленню деталі типу «цапфа-диск».....101
6. Організаційно-економічна частина.....102
6.1. Розрахунок річного фонду заробітної плати робітників дільниці.....102
6.2. Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію устаткування.....107
6.3. Калькуляція виготовлення деталі.....115
6.4. Розрахунок ціни підприємства річної програми.....115
6.5. Визначення фінансових результатів.....116
6.6. Розрахунок обсягів капітальних вкладень і терміну окупності.....117
6.7. Техніко-економічні показники дільниці цеху.....124
6.8. Висновок.....125
7. Охорона праці.....127
7.1. Вступ.....127

7.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на дільниці..128
7.3. Розрахунок освітлення дільниці.....136
8. Охорона навколишнього середовища.....140
9. Висновки.....143
10. Література.....144

Вступ.

Економічний розвиток і зростання народного господарства України значною мірою залежать від стану та розвитку виробничої промисловості. Тому перед українськими машинобудівниками постає низка завдань, серед яких: удосконалення технологічних процесів, пошук і освоєння сучасних методів виробництва, впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на основі новітніх досягнень науки і техніки. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності праці при забезпеченні високої якості продукції та мінімальних витратах на її виробництво.

Для виконання цих завдань необхідно враховувати ключові напрями сучасного розвитку машинобудівних технологій, зокрема:

- скорочення операцій металообробки різанням шляхом виготовлення заготовок, максимально наближених за формою, розмірами та якістю поверхонь до кінцевих деталей;
- застосування високопродуктивного автоматизованого обладнання, інструментів із твердосплавних, металокерамічних та алмазних матеріалів, а також використання оптимальних режимів обробки;
- забезпечення виготовлення деталей із високою точністю, якістю поверхонь, міцністю та довговічністю;
- впровадження технологій зміцнення поверхонь тощо.

Ключовими факторами підвищення ефективності машинобудівної галузі є розвиток науки, її практичне застосування у виробництві та впровадження інновацій. Створення нових технологій повинно бути спрямоване на підвищення якості готових виробів, розробку удосконалених машин, забезпечення безпечних і комфортних умов праці, а також мінімізацію впливу на довкілля.

Автоматизація, впровадження обчислювальної техніки та використання верстатів із ЧПК стали невіддільними складовими сучасного виробництва. Вони

формують основу для створення автоматизованих систем управління, оптимізації технологічних процесів і підвищення ефективності обробки. Одним із ефективних шляхів розвитку дрібносерійного та серійного виробництва є групова форма організації праці, яка, завдяки уніфікації деталей, дозволяє зменшити різноманітність технологічних процесів і впроваджувати методи масового виробництв.

Машинобудівна галузь активно рухається у напрямку подальшої уніфікації та стандартизації технологій виготовлення продукції, скорочення кількості обладнання, зменшення трудомісткості виробничих процесів та використання високопродуктивного устаткування. Основою підвищення продуктивності праці та обсягів випуску продукції є механізація й автоматизація виробничих процесів.

Значні перспективи для технологічної науки відкриваються завдяки застосуванню ЕОМ. Використання комп'ютерних технологій дозволяє класифікувати та групувати деталі, обирати оптимальні режими обробки, підбирати обладнання й інструменти, а також розробляти й оптимізувати технологічні процеси.

У дипломному проєкті на тему «Проєктування дільниці цеху для виготовлення цапфи-диска» розглянуто технологічні аспекти виготовлення деталей, продуктивність праці та економічність технологічного процесу. Вивчено можливості використання нових матеріалів і геометричних параметрів ріжучих інструментів для обробки складних матеріалів, виконано конструкторські розробки, створено програму для верстатів із ЧПК. Особлива увага приділена питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища.

1. Загальна частина.

1.1. Конструкція та призначення деталі.

Цапфа-диск 0-го ступеня є невід'ємною складовою ротору газотурбінної установки. Ця деталь є тілом обертання, яке служить для закріплення лопаток турбіни, а також для передачі обертального моменту. У процесі обертання забезпечується нагнітання повітряного потоку, який спрямовується далі через робочий тракт турбіни

Ефективність роботи цього механізму значною мірою залежить від якості балансування диска, адже він постійно знаходиться в обертовому русі. Недостатнє балансування може призводити до появи небажаних відцентрових сил, згинальних моментів від маси елементів, а також викликати коливання та вібрації. У ході експлуатації на цапфу-диск діють температурні напруги, спричинені нерівномірним нагріванням, сили від осьового тиску, а також крутний момент, що виникає під впливом повітряного потоку.

До міцності дисків висуваються надзвичайно високі вимоги, оскільки вони працюють у важконавантажених умовах та є ключовими елементами, які визначають надійність і тривалість експлуатації двигуна. Руйнування диска неминуче призводить до виходу з ладу всього механізму. Основними причинами руйнування можуть бути конструкційно-технологічні недоліки, помилки під час контролю якості та інші дефекти.

До основних функціональних поверхонь цапфи-диска, які безпосередньо впливають на її роботу та роботу всього механізму, належать:

- 19 фасонних пазів, виконаних у формі "ялинки", що забезпечують надійне закріплення лопаток турбіни;

- 134 зубці на внутрішній циліндричній поверхні, призначені для передачі обертального моменту;

- Поверхні $Ø170_{-0,10}$, та $Ø136_{-0,025}$, які виконують функцію з'єднання деталі з диском наступного ступеня. Ці поверхні мають складну конфігурацію та потребують високої точності й якості обробки;

- Базові поверхні, зокрема $Ø132^{+0,10}$ і конічна поверхня.

Загалом цапфа-диск характеризується високими вимогами до шорсткості, точності та взаємного розташування робочих поверхонь.

Конструкція деталі є досить складною, що обумовлено її ключовою роллю в роботі механізму та високою відповідальністю за забезпечення функціонування вузла

1.2. Характеристика властивостей матеріалу цапфи-диска.

Матеріал, з якого виготовляється деталь «цапфа-диск», повинен забезпечувати високу стійкість до повзучості та міцність, оскільки в умовах експлуатації деталь зазнає тривалого впливу навантаження при підвищених температурах.

Робота деталей газотурбінної установки ускладнюється тим, що вони контактують із газами, які мають високу хімічну активність. Це висуває додаткові вимоги до матеріалу, а саме — здатність протистояти корозії за умов високих температур.

Отже, матеріал, з якого виготовляється «цапфа-диск», повинен бути жароміцним, тобто зберігати свої механічні властивості навіть у важких температурних і хімічних умовах.

З огляду на викладене, можна стверджувати, що матеріал 07Х12НМБФ-Ш, який застосовується у базовій технології виробництва цапфи-диска, відповідає всім вимогам експлуатації в таких умовах.

Таблиця 1.1.

Хімічний склад сталі 07Х12НМБФ-Ш.

Легуючі елементи, %							Домішки, %		
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Nb	P	S	Vn
0,03÷0,09	≤0,40	0,4÷0,9	11÷13	0,4÷0,6	0,5÷1,0	0,2÷0,4	≤0,025	≤0,025	0,15÷0,3

Сталь марки 07Х12НМБФ-Ш виробляється методом електрошлакового переплавлення.

Механічні характеристики цього матеріалу за умов підвищених температур

наведені в таблиці 1.2. Дані отримані на основі випробувань зразків — поковок ротора, що пройшли термічну обробку. Термічна обробка включала гартування при температурі 1050°С із подальшим охолодженням в оливі та відпуск притемпературі 720°С.

Цей матеріал повністю відповідає встановленим вимогам, оскільки забезпечує надійну роботу деталей протягом тривалого часу (понад 10 000 годин) при температурі 680°С.

Таблиця 1.2.

Механічні властивості матеріалу.

Температура випробування, ºС	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ
	МПа		%	
20°	600-650	750-810	14-23	41-55
100°	580-610	720-760	16-18	45-53
200°	540-570	690-710	13-17	37-54
300°	520-540	640-680	13-17	46-51
400°	500-510	610-630	13-17	45-51
500°	440-460	510-530	15-19	62-61
600°	330-350	340-360	21-31	83-85

1.3. Аналіз технологічності деталі

Технологічність — це комплекс властивостей конструкції виробу, які забезпечують можливість мінімізації витрат праці, матеріалів, ресурсів і часу під час підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту. При цьому зберігаються встановлені показники якості та відповідність прийнятим умовам виробництва і експлуатації, а також забезпечується економічна ефективність у порівнянні з аналогічними конструкціями того ж призначення.

Технологічність поділяється на два основні види: виробничу та експлуатаційну.

- Виробнича технологічність полягає у зменшенні витрат ресурсів і часу, необхідних для виконання конструкторської та технологічної підготовки, а також

для виготовлення виробу.

- Експлуатаційна технологічність забезпечує мінімізацію витрат часу та ресурсів на технічне обслуговування й ремонт виробу.

До основних критеріїв технологічності деталей, які обробляються механічно, належать:

- трудомісткість процесу,
- точність і стабільність отримання геометричних параметрів,
- шорсткість поверхні,
- можливість застосування високопродуктивних методів обробки.

Механічна обробка вимагає більше зусиль у разі збільшення кількості поверхонь, що піддаються обробці, ускладнення їх геометричних форм, збільшення довжини оброблюваних елементів, а також підвищення вимог до точності та шорсткості поверхонь. Поліпшення технологічності конструкції сприяє зниженню витрат на виготовлення виробу без втрати його функціональних характеристик.

Цапфа-диск є силовою деталлю агрегату, призначеною для кріплення лопаток турбіни та передачі обертального моменту. Він працює в умовах змінних навантажень і виготовляється з жароміцного матеріалу, який характеризується складністю обробки.

Заготовка для деталі виготовляється методом штампування на кувально-штампувальному пресі (КГШП). Цей спосіб дозволяє отримувати внутрішні та зовнішні поверхні заготовки без значних технологічних труднощів. Однак наявність таких елементів, як внутрішні порожнини, кишені та зовнішні виступи, створює додаткові складнощі у формуванні заготовки, яка за своїми контурами була б максимально наближена до готової деталі. Через це конструкція не відповідає критерію мінімальної металоємності.

З точки зору механічної обробки, деталь має низку конструктивних недоліків, які впливають на її технологічність:

- Складна форма центрального отвору та значна кількість заокруглень. Виконання таких елементів на універсальному обладнанні є складним або навіть

неможливим, що потребує застосування верстатів із ЧПК та спеціальних ріжучих інструментів.

- Обробка 19 косих ялинкових пазів. Це вимагає використання спеціального оснащення та складних ріжучих інструментів.

- Наявність важкодоступних елементів, таких як пази, отвори та канавки.

Усі ці особливості значно ускладнюють конструкцію деталі та її механічну обробку. Як наслідок, зростає трудомісткість процесу, а також витрати часу й ресурсів на виготовлення цапфи-диска.

1.4. Визначення типу виробництва

У машинобудівній галузі розрізняють три основні типи організації виробництва: масове, серійне та одиничне. Віднесення виробничого процесу до певного типу визначається рівнем спеціалізації робочих місць, кількістю різновидів продукції, обсягами виробництва, а також швидкістю переміщення обсягів продукції між робочими місцями.

Рівень спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій. Цей показник визначає кількість різних технологічних операцій, які виконуються на одному робочому місці протягом місяця:

$$K_{з.о.} = \frac{2 \cdot 10 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 9 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 10 + 1 \cdot 8}{9} = 10{,}22$$

На основі нормативів коефіцієнта закріплення операцій для серійного виробництва (Кз.о.=10…20) можна зробити висновок, що дільниця належить до середньосерійного типу.

Серійне виробництво відрізняється обмеженим асортиментом продукції, яка виготовляється або постачається періодично повторюваними партіями, а також доволі великим обсягом випуску. Для такого типу виробництва характерне використання високопродуктивного обладнання. Застосовуються переналагоджувані швидкодійні пристрої, універсальні та спеціалізовані інструменти для обробки і вимірювання, що дозволяє суттєво підвищити

продуктивність праці.

У порівнянні з одиничним виробництвом, цикл виготовлення продукції в умовах серійного виробництва є коротшим, а собівартість продукції — нижчою. Продукція серійного виробництва зазвичай представлена стандартними виробами, які користуються широким попитом.

Залежно від обсягу продукції у партії або серії, серійне виробництво поділяється на:

- Крупносерійне,
- Середньосерійне,
- Дрібносерійне.

Рівень механізації та автоматизації процесів у крупносерійному виробництві наближається до масового виробництва, тоді як у дрібносерійному — до одиничного.

2. Наукова частина

Нові матеріали для обробки важкооброблюваних сталей на підставі використання нової ріжучої геометрії

2.1. Введення

Різальні інструменти складають лише невелику частину загальних витрат на виготовлення одиниці продукції, приблизно 3%. Через це виробники часто недооцінюють їхній вплив на зниження загальних витрат. Однак раціональне використання різальних інструментів може суттєво скоротити витрати на виробництво продукції.

Застосування сучасних спеціалізованих геометрій передньої поверхні, високоефективних твердих сплавів та інших інноваційних матеріалів для точіння дозволяє значно зменшити витрати. Вибір правильних металорізальних інструментів і їх використання на підвищених режимах різання є ключовим фактором для оптимізації витрат.

Завдяки впровадженню нових ріжучих геометрій стало можливим замінити шліфувальні операції токарними, що сприяє підвищенню ефективності виробничого процесу.

2.2. Технологія Wiper

Технологія Wiper від компанії Sandvik Coromant є інноваційним рішенням для токарної обробки. Вона відкриває можливість ефективно застосовувати збільшені подачі не тільки для чорнових операцій, але й для чистової обробки.

Продуктивність металообробки визначається як співвідношення між обсягом виготовленої продукції та ресурсами, витраченими на її виробництво. На вході процесу використовуються різні ресурси, такі як робоча сила, обладнання, оснащення, матеріали, запаси інструментів, адміністративні витрати тощо. Вихід же становить кількість готової продукції, створеної в межах доступного робочого часу.

Зачисні пластини широко застосовуються в операціях чистової токарної обробки. Якість отриманої поверхні та точність розмірів залежать від таких

факторів, як комбінація радіуса вершини пластини і величини подачі, а також жорсткості деталі й надійності її закріплення.

Для досягнення найвищої якості обробленої поверхні рекомендується використовувати зачисні пластини, виготовлені за технологією Wiper. Вони забезпечують значно меншу висоту мікронерівностей у порівнянні зі звичайними пластинами при тих самих значеннях подачі. Крім того, збільшення подачі дозволяє отримати високу чистоту обробки, що робить цю технологію надзвичайно ефективною ($R_a \approx 1{,}25$ мкм можна одержати при подачі S = 0,35 мм).

Теоретична висота мікронерівностей (R_{max}) розраховується за формулою:

$$R_{\max} = \frac{f_n^2}{8r_\varepsilon} \times 1000,$$

де R_{max} – висота мікронерівностей, мкм; r_ε – радіус при вершині пластини, мм; f_n – подача, мм/об.

Порівняння пластин Wiper і стандартних пластин

У таблиці 4.1 наведено різницю в параметрах шорсткості обробленої поверхні при використанні стандартних пластин і пластин із технологією Wiper, залежно від співвідношення радіуса вершини пластини та величини подачі.

Значення шорсткості для стандартних пластин з типовими радіусами було розраховано теоретично для пластини типу CNMG. Параметри шорсткості, отримані при використанні пластин іншої геометрії, можуть мати незначні відхилення.

Для пластин Wiper параметри шорсткості Ra наведено на основі середніх експериментальних результатів, отриманих під час обробки низьколегованих конструкційних сталей. При цьому фактична якість обробленої поверхні може відрізнятися від зазначених у таблиці значень, залежно від властивостей матеріалу заготовки та жорсткості системи верстат-пристосування-інструмент-деталь (ВПІД).

Таблиця 4.1.

Параметри шорсткості для стандартних пластин та пластин Wiper.

Подача, мм	Значення R_a, мкм							
	r_ε =0,4 мм		r_ε =0,8 мм		r_ε =1,2 мм		r_ε =1,6 мм	
	Стандарт. пластина	Пластина Wiper	Стандарт. пластина	Пластина Wiper	Стандарт. пластина	Пластина Wiper	Стандарт. пластина	Пластина Wiper
0,07	0,31	0,30	–	–	–	–	–	–
0,10	0,63	0,32	0,31	0,30	–	–	–	–
0,12	0,90	0,45	0,45	0,30	–	–	–	–
0,15	1,41	0,70	0,70	0,35	0,47	0,30	–	–
0,18	2,03	1,00	1,01	0,50	0,68	0,34	–	–
0,20	2,50	1,25	1,25	0,63	0,83	0,42	0,63	0,32
0,22	3,48	1,74	1,74	0,87	1,16	0,58	0,87	0,44
0,25	–	–	2,25	0,90	1,50	0,65	1,12	0,56
0,28	–	–	2,82	0,93	1,88	0,68	1,41	0,70
0,30	–	–	3,23	1,07	2,16	0,72	1,62	0,78
0,35	–	–	4,40	1,10	2,93	0,97	2,20	0,80
0,40	–	–	5,75	1,44	3,83	1,26	2,88	0,95
0,45	–	–	8,54	2,14	5,70	1,88	4,27	1,41
0,50	–	–	10,55	2,64	7,03	2,32	5,27	1,74
0,55	–	–	–	–	8,51	2,40	6,38	2,10
0,60	–	–	–	–	10,13	2,53	7,59	2,40
0,65	–	–	–	–	–	–	8,91	2,50
0,70	–	–	–	–	–	–	10,34	2,60
0,85	–	–	–	–	–	–	15,24	3,81

Форма й розміри пластин Wiper

Вибір форми пластини залежить від необхідного головного кута інструмента в плані, а також від того, чи призначений інструмент для спеціалізованих операцій або для більш універсального використанн

Для забезпечення міцності ріжучої вершини і, відповідно, економічної ефективності обробки, слід вибирати пластину з найбільшим можливим кутом при вершині. Якщо в процесі обробки відбуваються зміни в глибині різання або інші коливання, то рекомендується застосовувати пластини з меншим кутом при вершині, але таким, що забезпечує достатню міцність ріжучої крайки.

При обробці конусів та інших фасонних поверхонь варто вибирати пластину з таким кутом при вершині, щоб кут між ріжучими крайками і дотичною до оброблюваної поверхні був не менше 2°.

При використанні пластин з мінералокераміки доцільно проводити попередню обробку фаски, щоб зменшити задирки при виході пластини та покращити умови врізання. Напрямок подачі під час врізання має бути перпендикулярним попередньо обробленій фасці, щоб уникнути утворення проточин на задній поверхні ріжучої пластини.

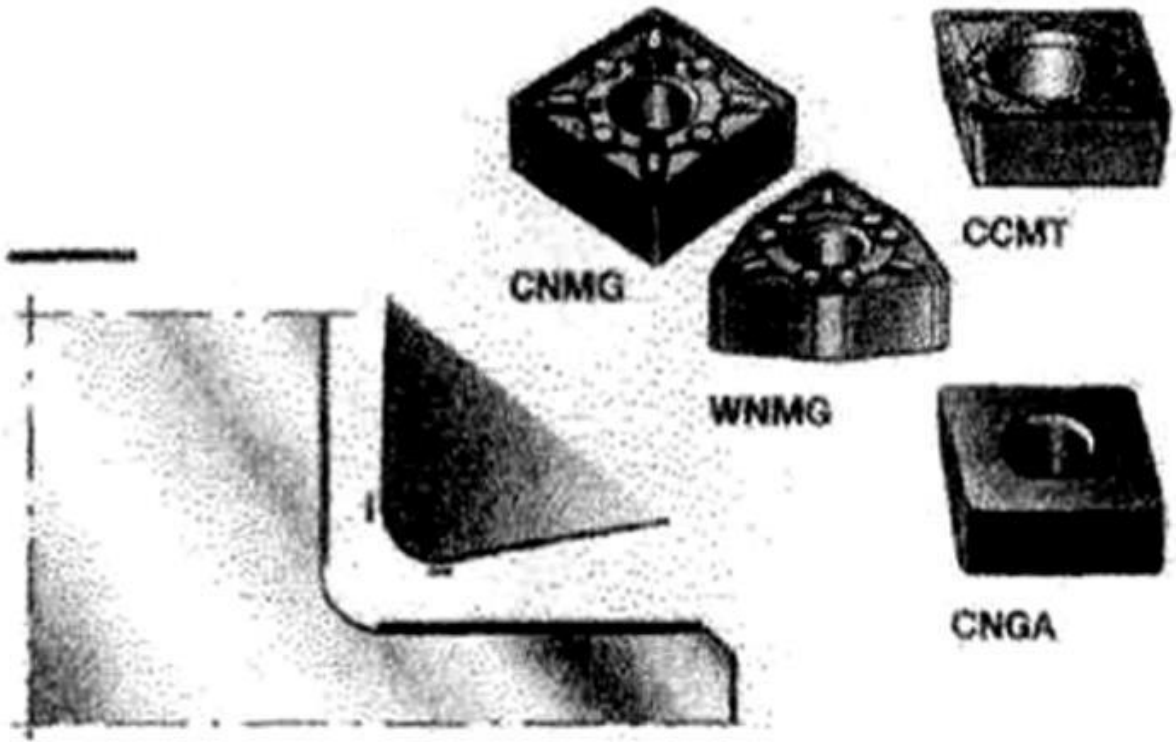


Рисунок 4.1.

Зачисні пластини CNMG, WNMG, CNGA і CCMT, виконані за технологією Wiper, мають плавне сполучення радіусів при вершині, що дозволяє зберігати незмінні розмірні настроювання, як для звичайних пластин. Корекція розмірів для

одержання точного профілю деталі не потрібна. Ріжучі крайки зачисних пластин з кераміки й кубічного нітриду бору мають відмінності залежно від області застосування.

Подача при чорновій обробці не повинна перевищувати половини радіуса при вершині:

$$f_n = 0{,}5 \cdot r\,.$$

Трохи більші величини подач можна рекомендувати для:

- міцних пластин з кутом при вершині більше 60°;
- однобічних пластин;
- обробки з головним кутом у плані менш 90° матеріалів з гарною оброблюваністю при середніх швидкостях.

Таблиця 4.2.

Вибір подачі залежно від радіуса при вершині пластини.

Радіус при вершині (r_ε), мм	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
Максимальна рекомендована подача (f_n), мм/об	0,25-0,35	0,4-0,7	0,5-1,0	0,7-1,3	1,0-1,8

Для чорнової обробки найчастіше застосовуються пластини з радіусами 1,2—1,6 мм. В таблиці максимальна рекомендована подача становить 2/3 радіуса при вершині.

Радіус при вершині пластини визначає:

- її міцність при чорновій обробці;
- шорсткість поверхні при чистовій обробці.

Для забезпечення міцності варто вибирати максимально можливий радіус при вершині пластини, тому що збільшення радіуса дає можливість працювати з більшими подачами. Якщо ж спостерігається схильність до вібрацій, то необхідно вибрати пластину з меншим радіусом.

Вибір розміру пластини.

Для вибору розміру пластини необхідно визначити:

- максимальну глибину різання, a_p;

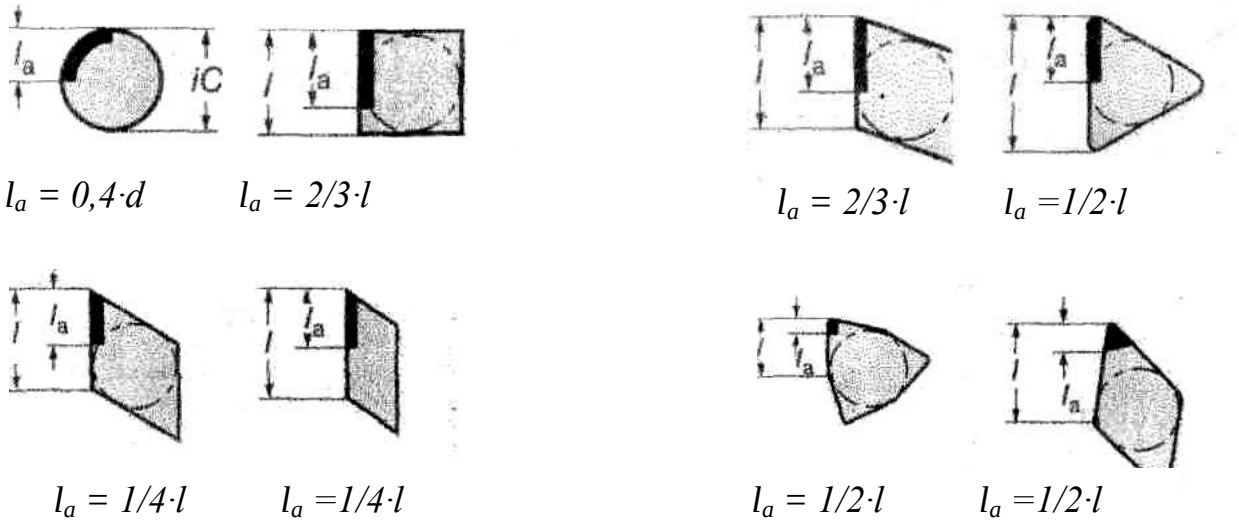
– необхідну ефективну довжину ріжучої крайки l_a, що залежить від головного кута в плані на інструменті й максимальній глибині різання.

Мінімальна необхідна ефективна довжина ріжучої крайки 1_a може бути встановлена відповідно до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Мінімальна необхідна ефективна довжина ріжучої крайки**.**

Головний кут у плані, °		Глибина різання (a_p), мм										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
		Необхідна ефективна довжина ріжучої крайки (1_a), мм										
	90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
105	75	1,5	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,3	8,2	9,3	11	16
120	60	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7,0	8,2	9,3	11	12	18
135	45	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1	8,5	10	12	13	15	22
150	30	2,0	4,0	6,0	8,0	10	12	14	16	18	20	30
165	15	4,0	8,0	12	16	20	24	27	31	35	39	58



$l_a = 0{,}4 \cdot d$ $l_a = 2/3 \cdot l$ $l_a = 2/3 \cdot l$ $l_a = 1/2 \cdot l$

$l_a = 1/4 \cdot l$ $l_a = 1/4 \cdot l$ $l_a = 1/2 \cdot l$ $l_a = 1/2 \cdot l$

Рисунок 4.2.

Кут при вершині пластини істотно впливає на її міцність. Форма пластини накладає обмеження на співвідношення фактичної довжини ріжучої крайки й максимальної глибини різання.

Геометрія передньої поверхні.

Важливим фактором при виборі пластини одного й того самого типорозміру є геометрія її передньої поверхні, оскільки вона впливає на міцність пластини та максимально допустиму ефективну довжину ріжучої крайки. Одна геометрія призначена для чорнових операцій, а інша — для чистової обробки.

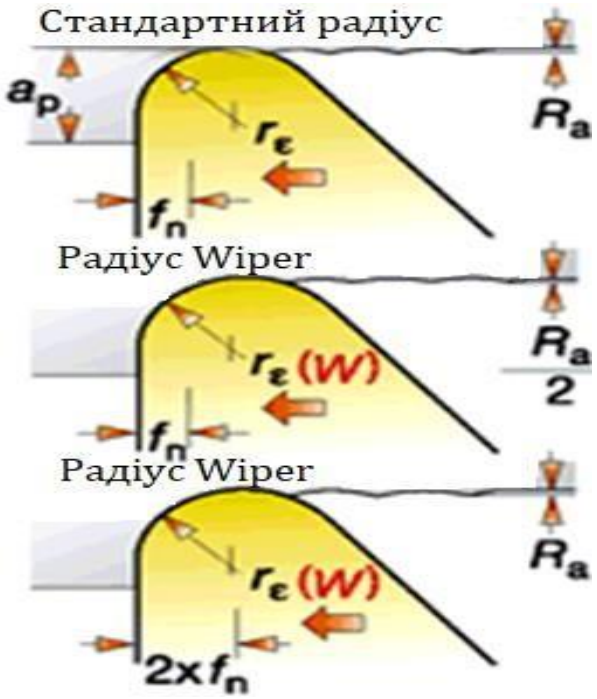
Чистова геометрія (PF, для чистової обробки сталі ISO P) підходить для малих глибин різання.

Чорнова геометрія (PR, для чорнової обробки сталі ISO P) призначена для роботи з більшими глибинами різання, що передбачає використання більшої частини ріжучої крайки. Детальніше про різні геометрії передніх поверхонь пластин можна знайти на попередніх сторінках.

Якщо допустима ефективна довжина ріжучої крайки менша за необхідну, слід або вибрати пластину більшого розміру, або зменшити глибину різання.

Для операцій, де важлива підвищена надійність, доцільно використовувати пластини більшого розміру та товщини. При обробці деталей з уступами, коли глибина різання значно збільшується, також варто обирати пластини більшого розміру або передбачити додаткове підрізування.

Рекомендовані величини ефективної довжини ріжучої крайки забезпечують стабільність процесу різання. Тимчасово можливе збільшення глибини різання для деяких операцій.



ПРАВИЛО

Подвоєна подача = Така ж якість поверхні Така ж подача = Удвічі краще

Основні рекомендації:

− якість поверхні поліпшується при підвищенні швидкості різання;

− передні й задні кути при установці пластин впливають на параметри шорсткості обробленої поверхні;

− звичайно не спостерігається залежності параметрів шорсткості від марки сплаву пластини;

− якщо ж спостерігається схильність до вібрацій, то рекомендується вибирати пластини з меншим радіусом при вершині.

Істотне підвищення продуктивності при обробці зачисними пластинами.

Подача впливає на продуктивність токарських операцій. Якщо з'являється можливість збільшити подачу у два рази, то час обробки наполовину й, відповідно, практично вдвічі збільшується число деталей зроблених у встановлений період. Мінімальні зміни у формі пластини в області радіуса при вершині дозволяють значно збільшити подачу, зберігаючи при цьому той самий

рівень шорсткості поверхні. Використання пластин Wiper дозволяє досягти високої якості обробленої поверхні та знизити необхідність у більшості шліфувальних операцій. Це також покращує властивості поверхневого шару деталі та зменшує відхилення форми по циліндричності порівняно з шліфувальною обробкою. Найкращі результати зниження шорсткості отримуються при використанні пластин із задніми кутами CoroTurn 107 з геометрією Wiper.

Sandvik Coromant представляє нову концепцію пластин з задніми кутами CoroTurn і відповідних державок. Використання пластин з задніми кутами дозволяє зменшити зусилля різання, зберігаючи при цьому високу міцність ріжучої крайки. Задній кут 7° сприяє кращому стружкоутворенню та досягненню високої якості обробленої поверхні. Кріплення пластин за допомогою гвинтів забезпечує надійність і не перешкоджає ефективному виходу стружки.

Рекомендації до вибору форми пластини.

Змінні тригранні пластини знаходять широке застосування на практиці, особливо ті, що оснащені задніми кутами або стружколамами без задніх кутів. Ці пластини використовуються для виготовлення токарських прохідних, підрізних і розточувальних різців, а також різців для роботи по контурі. Довжина головної ріжучої крайки таких пластин коливається від 11 до 27 мм, що становить близько 60% від загальної довжини інструменту, що дозволяє знімати припуск до 15 мм. Наявність задніх кутів і порівняно більших радіусів при вершині (від 0,8 до 2,4 мм) дає змогу використовувати ці пластини для чистового точіння, замінюючи напайні пластини. Випуск пластин з різноманітними покриттями, зокрема матеріалами типу MC, збільшує їх стійкість при обробці важкооброблюваних матеріалів у порівнянні з напайними пластинами при однакових умовах обробки. Ці пластини особливо ефективні при зовнішньому точінні з підрізуванням торців, розточуванні глухих отворів і обробці по контуру на багаторезцевих верстатах, автоматах та обробних центрах завдяки порівняно малому куту при вершині 60°. Найбільшу цінність ці пластини мають у сплавах типу «MC» для токарської

обробки та сплавах нових марок, таких як РС9030 для токарних операцій і РС3530, РС2530 для фрезерування.

Пластини шестигранної форми з кутом при вершині 80° застосовуються для токарських прохідних, розточувальних і автоматних різців. Завдяки своїй шестигранній формі (типу ламаного трикутника) ці пластини мають коротшу головну ріжучу крайку (6-12 мм), що обмежує їх ефективне застосування, оскільки вони можуть знімати припуск лише до 10 мм. Через це вони можуть замінювати тільки напайні пластини малих розмірів. Однак, завдяки великому куту при вершині 80° і можливості виготовлення пластин з покриттям і з нових сплавів, ці пластини мають високу стійкість при обробці важкооброблюваних матеріалів на чистових та напівчистових операціях.

Квадратні пластини використовуються для оснащення токарських прохідних і розточувальних різців, а також торцевих насаджувальних фрез. Вони випускаються у 7 різних типорозмірах, з довжиною головної ріжучої крайки від 9,5 мм до 25,4 мм, що дозволяє знімати припуск до 15 мм. Такі пластини мають широке застосування при обробці різних деталей, як для чорнової, напівчистової, так і для чистової обробки. Вони також можуть бути виготовлені у вигляді напилення і з різних нових марок твердих сплавів.

Багатогранні п'ятигранні пластини призначені для оснащення токарських прохідних різців з головним кутом у плані φ=60° та торцевих насаджувальних фрез. Вони доступні у трьох типорозмірах з довжиною головної ріжучої крайки 11,5–16,1 мм, що дозволяє знімати припуск до 10 мм. Пластини з кутом при вершині 108° оптимально підходять для чистових операцій завдяки високій стійкості різців та фрез. Стійкість цих пластин покращується завдяки застосуванню різних покриттів та використанню твердих сплавів.

Пластини правильного шестигранного форми з отвором застосовуються для токарських прохідних різців з головним кутом у плані φ=45° і торцевих насаджувальних фрез. Їхній кут при вершині дорівнює 120°, що робить їх придатними для чистових операцій. Вони мають довжину головної ріжучої

крайки 9–12 мм, що дозволяє знімати припуск лише на 5–6 мм. Це значно обмежує їхнє застосування.

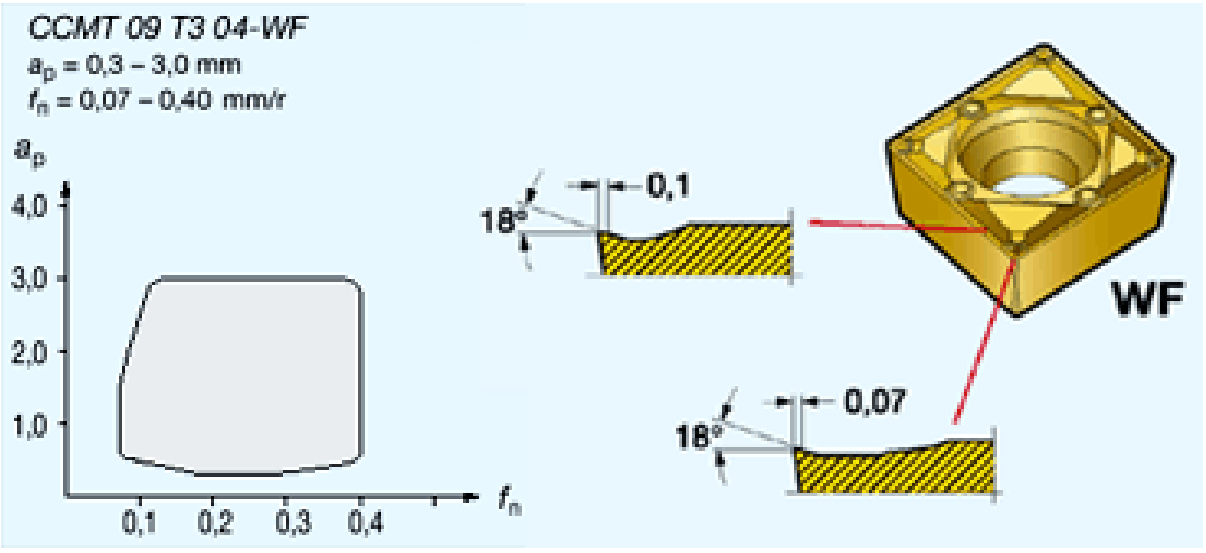
Круглі пластини з отвором призначені для оснащення спеціальних галтельних різців та торцевих фрез, тому їх використання також обмежене у виробництві і заміні.

Багатогранні ріжучі пластини паралелограмної форми з кутом при вершині 55° і стружколамачними канавками на одній стороні призначені для оснащення токарських прохідних і підрізних різців з кутом у плані 90°. Унікальна конструкція цих пластин дозволяє обробляти східчасті вали та розточувати отвори по копіру з точним дотриманням торцевого биття ступенів. Ці пластини широко використовуються для чорнових та чистових операцій при обробці важкооброблюваних матеріалів. Випускаються лише у двох підтипах — правому і лівому. Використання напилення та нових марок твердих сплавів додатково підвищує їхню стійкість.

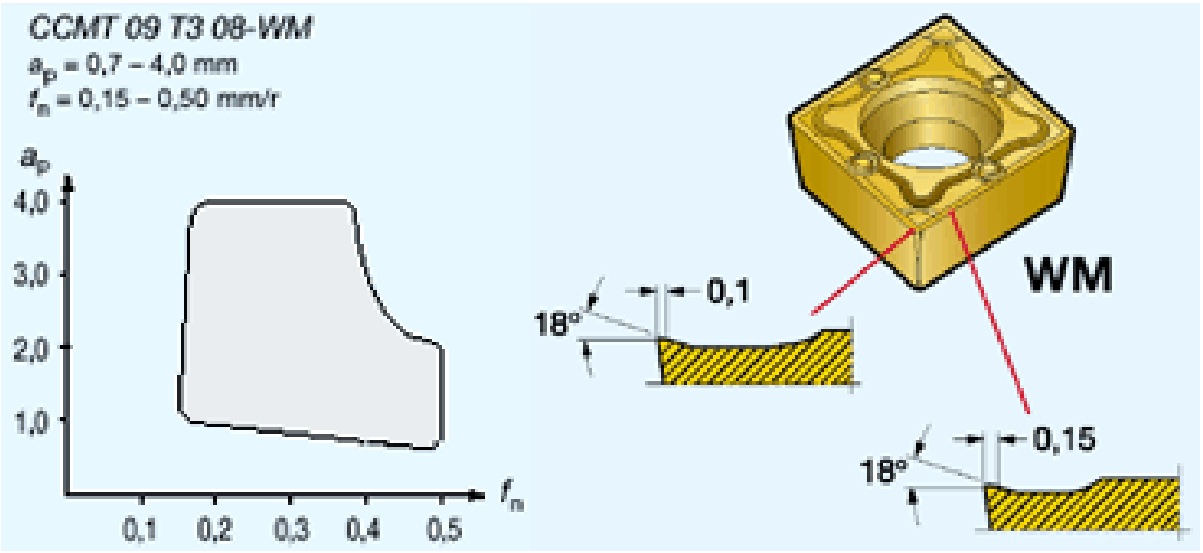
Багатогранні ріжучі пластини твердосплавної ромбічної форми з кутом при вершині 55° та отвором, а також зі стружколамачними канавками на двох сторонах призначені для токарських різців, що працюють по копіру. Вони також можуть бути виготовлені з стружколамачними канавками на одній стороні або без них. Малий кут при вершині і значна довжина головної ріжучої крайки (15–19 мм) дозволяють використовувати ці пластини для оснащення різців, призначених для чорнової обробки, знімання припуску до 15 мм, що розширює їхні можливості при заміні напайних пластин. Пластини мають різний радіус при вершині від 0,8 до 1,6 мм, що дає можливість застосовувати їх і для чистових операцій. Вони також можуть бути виготовлені з різними покриттями і з нових марок твердих сплавів.

Широке застосування багатогранних змінних непереточуваних пластин дозволяє: зберігати геометричні параметри пластин різних розмірів, усувати час на переточування, забезпечувати ефективне стружколамання і використовувати змінні пластини з покриттями різних композицій Ti, TiCN, TiN, $A1_2O_3$ та ін., що значно збільшує їхні ріжучі властивості й стійкість. Тому в більшості випадків

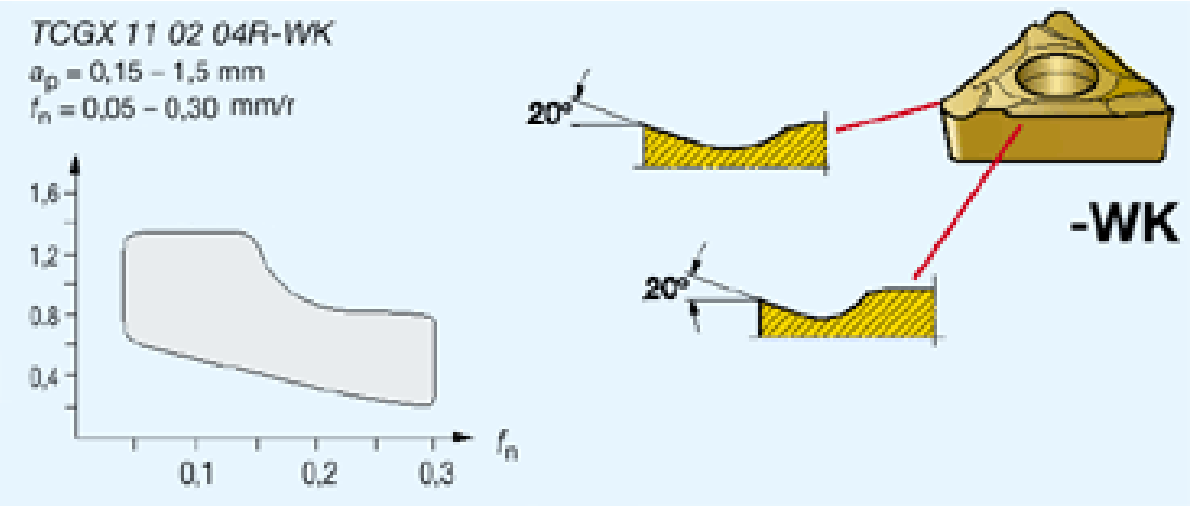
для виконання технологічних процесів доцільніше використовувати тільки змінні багатогранні твердосплавні пластини. Однак для тонкої чистової обробки відповідальних деталей машин, коли неможлива заміна напайних пластин багатогранними через обмежені розміри останніх, варто застосовувати напайні пластини. У процесі заточування напайним пластинам можна надавати необхідні оптимальні геометричні параметри для кожного конкретного технологічного процесу, тоді як багатогранні змінні пластини мають фіксовані геометричні параметри та розміри.



Чистова обробка



Напівчистова обробка



Гострокрайкова геометрія

Рисунок 4.3. Геометрія ріжучих пластин.

Гострокрайкова шліфована по периметру пластина (рисунок 4.3) є спеціалізованим інструментом лівого або правого виконання, який має відкриту позитивну стружколамаючу геометрію. Вона розроблена для роботи з більшими подачами, що дозволяє забезпечити високу економічну ефективність та відмінну якість обробленої поверхні.

Кожна пластина серії Coro Turn спеціалізована для обробки певної групи матеріалів, таких як сталь, нержавіюча сталь, чавун, алюміній, кольорові метали, жароміцні та титанові сплави, а також матеріали високої твердості. Це дозволяє оптимізувати режими різання та підвищити продуктивність залежно від специфічних умов оброблюваності матеріалу.

Позитивна ріжуча геометрія пластини допомагає зменшити вібрації, поліпшує якість обробленої поверхні та підвищує точність обробки. Оптимізація геометрії забезпечує стабільний процес різання, ефективне стружколамання та безперешкодне видалення стружки. Висока точність позиціювання пластини та надійність її кріплення є важливими факторами, що визначають успіх токарної обробки та якість виготовлених деталей..

Принцип вибору режимів різання

Правильний вибір і застосування сучасного металорізального інструмента на підвищених режимах різання є важливим фактором для зниження виробничих витрат. Збільшення режимів різання, зокрема збільшення подачі та оптимізація швидкості різання, дозволяє знизити час обробки, що, у свою чергу, зменшує витрати на виготовлення продукції. Правильний підбір параметрів залежно від умов обробки також скорочує основний машинний час і витрати на експлуатацію обладнання.

Вибір подачі

Чорнова обробка

При чорновій токарській обробці основними обмежуючими факторами є потужність і твердість верстата, а також ефективність відведення стружки. Для досягнення економічної ефективності необхідно застосовувати більші подачі при знижених швидкостях різання, зважаючи на обмеження, які накладаються потужністю верстата і відведенням стружки. Якщо потужність верстата недостатня для роботи на високих швидкостях, слід зменшити швидкість різання, щоб уникнути перевантаження обладнання.

Чистова обробка

При чистовій обробці основними критеріями для вибору режимів різання є точність обробки, чистота поверхні та стабільність стружковідведення. Для досягнення високої точності та чистоти обробленої поверхні важливо правильно поєднувати величину подачі з радіусом при вершині пластини. Ці параметри мають великий вплив на форму та висоту шорсткості обробленої поверхні. Крім того, жорсткість затискного пристосування і стан верстата також важливі для стабільності процесу та контролю за якістю обробки. Формування стружки залежить від геометрії передньої поверхні пластини, яка повинна бути оптимізована для ефективного та стабільного процесу різання при чистовій обробці.

Вибір типу кріплення пластин.

Закріплення ріжучих пластин є важливим елементом забезпечення стабільності і точності процесу обробки. Існує два основних способи закріплення пластин: за допомогою гвинта або за рахунок пружних властивостей державки.

1. **Закріплення гвинтом**
   Цей метод є універсальним і може застосовуватися для всіх видів операцій, включаючи ті, що створюють значні бічні навантаження на пластину, такі як поздовжнє й профільне точіння. Гвинтове закріплення забезпечує високу надійність, що особливо важливо при роботі з великими навантаженнями.
   Для підвищення твердості та стабільності обробки рекомендується використовувати державку з мінімальним вильотом пластини, щоб зменшити ймовірність вібрацій і підвищити точність обробки.

2. **Закріплення за рахунок пружних властивостей державки**
   Цей метод найкраще підходить для операцій з радіальним напрямком подачі. Використовувати пружний затиск рекомендується, наприклад, при обробці канавок або при роботі з детелями, де немає значного осьового навантаження. Пластини, закріплені таким чином, можуть мати більш низький рівень жорсткості порівняно з гвинтовим закріпленням, тому цей метод обмежений операціями, де навантаження на пластину не є критичним.

3. **Особливості застосування при великих діаметрах заготівель**
   При обробці великих діаметрів або використанні державок з великим вильотом варто обмежити подачу та оберти шпинделя, особливо при підході до центра, щоб зменшити залишковий матеріал і розвантажити ріжучу крайку. Це допомагає уникнути зайвого навантаження на інструмент і підвищити якість обробки.

4. **Фаска на поверхні, що підлягає обробці**
   Фаска на поверхні заготівлі може значно підвищити стійкість пластини та покращити якість обробки. Вона допомагає зменшити сили, які впливають на ріжучу крайку, і знижує ймовірність утворення дефектів на обробленій поверхні.

Загалом, вибір методу закріплення пластини залежить від типу обробки, геометрії деталі та характеру навантажень, що виникають під час обробки.

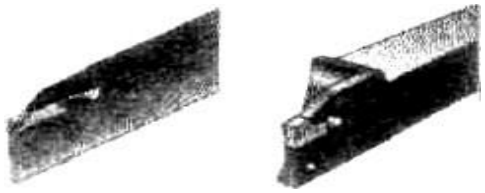


Рисунок 4.4. Леза й державки із пружинним кріпленням.

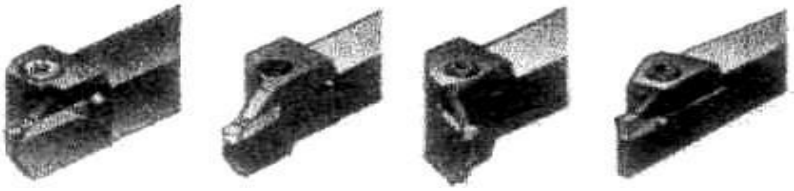


Рисунок 4.5. 0°, 7°, 45° і 70° виконання державок із кріпленням гвинтом для різних операцій.

Рисунок 4.6. Оправки й різцеві головки для внутрішніх операцій.

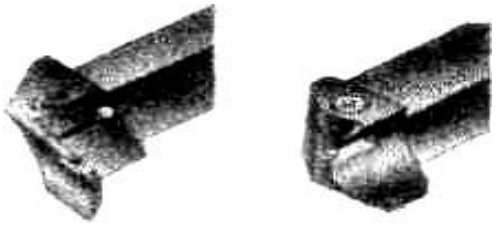


Рис. 4.7. 0° та 90° виконання державок із кріпленням гвинтом.

2.3. Особливості обробки різних поверхонь.

Пластини Wiper можна використовувати для різноманітних токарських робіт: зовнішньої й внутрішньої обробки, а також при виконанні канавкових, відрізних операцій і свердлінні.

Різьбові поверхні

Різьбонарізання є складною і відповідальною операцією, що вимагає високої точності і стабільності під час роботи. Для досягнення максимальної продуктивності та забезпечення високої точності обробки важливо правильно вибирати інструменти та технології обробки. У цьому контексті Sandvik Coromant рекомендує використовувати систему Coromant Capto, яка забезпечує точність і надійність при високих подачах.

Методи нарізання різьби:

- Нарізання різьби убік патрона. Це найбільш поширений метод обробки різьблення, при якому інструмент рухається уздовж осі деталі, а різьба нарізається в напрямку обертання верстата. Цей метод дозволяє досягти високої точності і зручності в налаштуванні інструмента. Він забезпечує зменшення вібрацій і високий рівень стабільності під час роботи.

- Обробка від патрона. Обробка різьби від патрона можливе в тому випадку, коли для нарізання правого різьблення використовується лівий різець, і навпаки. Такий метод вимагає додаткової компенсації негативного кута підйому різьблення через заміну опорної пластини. Це дозволяє компенсувати сили, що виникають під час різання, і забезпечити оптимальну підтримку пластини в гнізді. Перевага використання правого різця для правого різьблення та лівого для лівого полягає в тому, що максимальна опора пластини в гнізді забезпечується в напрямку сил різання. Це важливо для досягнення стабільності і зменшення ймовірності виникнення дефектів на різьбі.

- Зворотний напрямок різання. У деяких випадках, при наявності хороших умов обробки, можна використовувати зворотний напрямок різання. Це може бути допустимо, але слід враховувати, що зворотний напрямок різання зазвичай не забезпечує такої ж стабільності, як прямий напрямок, і може призводити до підвищених навантажень на інструмент.

Напаяні різці:

Напаяні різці залишаються актуальними в певних випадках, де потрібні нестандартні радіуси при вершині, передні кути або форми стружколамів. Вони використовуються в спеціалізованих операціях, коли необхідно отримати особливі геометрії різьби, які неможливо забезпечити стандартними пластинами.

- Переваги напаяних різців. Напаяні інструменти дозволяють виготовляти ріжучі частини з нестандартними параметрами, такими як специфічні радіуси або геометрії переднього кута. Це робить їх ідеальними для обробки складних деталей або в разі необхідності виконання специфічних технологічних задач.

- Рекомендації щодо швидкостей різання. Напаяні інструменти зазвичай працюють при нижчих швидкостях різання порівняно з інструментами на змінних пластинах. Це обумовлено тим, що напаяні ріжучі частини можуть бути менш стійкими до високих температур і підвищених навантажень, що виникають при високих швидкостях різання.

У підсумку, вибір методу і типу інструмента для різьбонарізання залежить від конкретних умов обробки, матеріалу деталі та вимог до точності і якості різьби. Використання системи Coromant Capto дозволяє оптимізувати режими різання, підвищити продуктивність і зберегти високу точність обробки..

Відрізка й обробка канавок

При виконанні операцій відрізання та прорізання канавок інструмент, зокрема пластина, має суттєво входити в тіло деталі, що ставить високі вимоги до геометрії і стабільності інструмента. Ось кілька важливих аспектів, які варто враховувати:

- Вузькість і довжина інструмента. Оскільки пластина повинна входити в матеріал на велику глибину, інструмент повинен бути вузьким, щоб забезпечити необхідну геометричну прохідність. Це дозволяє виконувати операції з прорізання канавок та відрізання на великих глибинах, не порушуючи стабільність і точність обробки. Вузькість інструмента забезпечує мінімальну деформацію при великих навантаженнях.

- закріплення інструмента.

- Збільшення вильоту інструмента. З ростом діаметра заготівки необхідно збільшувати вильот інструмента. Однак більший вильот підвищує ризик вібрацій і коливань інструмента під час обробки. Це може погіршити точність і якість різання. Тому дуже важливо забезпечити максимально можливу жорсткість

- Важливість системи закріплення. Система закріплення інструмента є критично важливою для забезпечення стабільної роботи і точності обробки при великих вилітах. Для досягнення максимальних результатів і мінімізації вібрацій необхідно використовувати систему закріплення, яка гарантує високу твердість і надійність. Це допомагає запобігти дефектам у результаті коливань або переміщення інструмента під час різання.

- Твердість і стабільність. Закріплення інструмента має забезпечити не тільки стабільність позиціонування, а й високу твердість, щоб уникнути додаткових деформацій інструмента, що можуть виникати при роботі з великими вильотами. Чим надійніше зафіксований інструмент, тим кращі результати обробки можна досягти, зокрема, з точки зору точності канавок і мінімізації ризику дефектів на поверхні.

Загалом, для ефективної і точної обробки при відрізанні та прорізанні канавок важливо мати оптимальне поєднання вузького та довгого інструмента з максимальною жорсткістю і надійністю системи закріплення, щоб забезпечити стабільність і точність навіть при великих вильотах інструмента.

2.4. Додаткові засоби точіння.

Швидкорізальні стовпчики-вставки

Стовпчики-вставки застосовуються на додаток до твердосплавного інструмента для операцій, коли швидкість різання або необхідна форма ріжучої крайки не прийнятні для твердого сплаву.

Швидкорізальні стовпчики-вставки використаються в ряді випадків:

− швидкорізальна сталь – високоміцний ріжучий матеріал, добре працює на низьких швидкостях і при переривчастому різанні;

− підлягають переточуванню, тобто одна вставка може бути використана досить велику кількість разів;

− забезпечують необхідну гостроту ріжучої крайки при обробці деталей малих розмірів;

− шліфуванням легко може бути отримана необхідна ріжуча крайка складної конфігурації.

Різцеві вставки

− Різцеві вставки, зокрема CoroTurn по ISO, мають кілька важливих переваг і широке застосування у токарній обробці, особливо в багатоінструментальних налагодженнях. Вони дозволяють замінити традиційні багатолезові інструменти, пропонуючи такі переваги:

− Економічність та надійність. Поломка пластини не впливає на корпус інструмента: При поломці ріжучої пластини ушкоджується тільки стандартна вставка, що значно дешевше, ніж заміна цілої спеціальної системи з кількома лезами.

− Точність налаштування. Можливість точнішого налаштування положення ріжучої крайки: Замість коригування або заміни цілого інструмента, можна здійснити точне налаштування або зміну лише окремих вставок, що дозволяє підвищити точність обробки.

− Швидка переналагодження. Заміна різцевих вставок займає менше часу: При зміні параметрів оброблюваної деталі або при пошкодженні вставки, переналагодження різцевих вставок значно швидше й дешевше, ніж перехід до нового спеціального багатолезового інструмента.

Основні сфери застосування різцевих вставок CoroTurn:

− Розточувальні операції: Зокрема, коли потрібно виконати кілька переходів для обробки деталі, вставки дають можливість швидше і точніше виконати ці операції.

− Зовнішня та внутрішня обробка: Використовуються при знятті припуску на зовнішній і внутрішній частині деталі, забезпечуючи високу ефективність при таких операціях.

− Підрізання торців і зняття фасок: Застосовуються для підрізання торців, а також для зняття фасок на трубах і прутках, що вимагає високої точності та стійкості ріжучої пластини.

Загалом, різцеві вставки є універсальними і економічними інструментами, які підвищують ефективність та знижують витрати при обробці різних типів матеріалів і деталей, зберігаючи при цьому високу якість обробки.

2.5. Використання сучасних надтвердих ріжучих матеріалів у металообробці

Розвиток інструментальних матеріалів активно сприяє підвищенню продуктивності та якості обробки, зокрема завдяки вдосконаленим матеріалам і новим технологіям. Сучасні інструментальні матеріали, такі як кераміка, кубічний нітрид бору (CBN) і полікристалічний алмаз (PCD), стають економічно обґрунтованою альтернативою традиційному твердому сплаву.

Основні досягнення у розвитку інструментальних матеріалів:

1. **Кераміка**:
    - **Ріжуча кераміка** активно використовується при обробці сірого чавуну, що дозволяє значно підвищити продуктивність. Технологія **Wiper** дозволяє досягти високої якості поверхні і значно підвищити пропускну здатність ліній обробки, зокрема в умовах великих обсягів виробництва.
    - Кераміка на основі **нітриду кремнію** (марка **CC6080**) дозволяє досягти надзвичайно високих швидкостей різання, що є важливим для обробки складних матеріалів, таких як жароміцні сплави, використовувані у виробництві газових турбін.

- **Марка CC670**, посилена волокнами на основі оксиду алюмінію, призначена для роботи в складних умовах, надаючи високі показники зносостійкості й тривалості служби.

2. **Кубічний нітрид бору (CBN)**:
   - **Технологія Wiper** також активно використовується в обробці матеріалів за допомогою вставок з кубічного нітриду бору, що дозволяє збільшити подачу вдвічі без шкоди для чистоти обробки. Це забезпечує зниження часу на операції та підвищення ефективності при роботі з загартованими сталями.

3. **Полікристалічний алмаз (PCD)**:

   PCD використовується для обробки особливо твердих матеріалів, що вимагають високої точності та зносостійкості. Він знаходить застосування в обробці таких матеріалів, як композити, алюмінієві сплави, а також у обробці складних геометричних форм, де інші інструменти можуть швидко виходити з ладу.

Технологія Wiper:

- Технологія **Wiper** дозволяє значно збільшити швидкість обробки без втрати якості. Вона забезпечує можливість збільшити величини подачі вдвічі, при цьому підтримуючи високий рівень чистоти обробленої поверхні. Це особливо важливо в операціях, де точність і якість обробки є критичними, таких як чорнова, напівчиста і чистова обробка.
- Вона застосовується для вставок з кубічного нітриду бору, що дозволяє значно покращити продуктивність і точність при обробці загартованих сталей.

Таким чином, впровадження новітніх інструментальних матеріалів і технологій, таких як **Wiper** і використання кераміки, CBN та PCD, дозволяє суттєво підвищити ефективність обробки різних матеріалів, знижуючи витрати на інструменти та збільшуючи виробничу потужність при обробці складних і високоякісних деталей.

З погляду економіки, використання багатовершинних пластин із вставками з кубічного нітриду бору (CBN) і керамічних пластин значно підвищує ефективність обробки, особливо при високих швидкостях різання та обробці складних матеріалів, таких як жароміцні сплави, сталеві деталі та кольорові метали.

Основні переваги та застосування таких пластин:

Багатовершинні пластини з CBN (CB7020 і CB7050):

- Вставки з кубічного нітриду бору, з ріжучими крайками 4, 6 або 8 на одній пластині, забезпечують високу надійність обробки завдяки збільшеному терміну служби пластини.
- CBN є одним з найтвердіших матеріалів після алмазу, що робить ці пластини оптимальними для обробки твердих і абразивних матеріалів. Вони забезпечують більш продуктивне точіння в порівнянні з шліфуванням, з покращеною якістю поверхні та структурою поверхневого шару загартованих сталей.

Обробка жароміцних сплавів:

- Пластини на основі сіялону (CC6080) є ідеальним вибором для напівчистової обробки жароміцних сплавів на нікелевій основі, де потрібна висока продуктивність і точність.

Обробка валків:

- Для чорнової обробки валків, керамічні пластини марок СС 650 і СС 670 рекомендуються завдяки їхній здатності витримувати високі навантаження і температури при обробці таких важких матеріалів.

Таким чином, впровадження таких інструментів дозволяє значно підвищити продуктивність обробки, покращити якість поверхні і структуру оброблюваних матеріалів, а також знизити витрати на інструменти завдяки їхньому довготривалому використанню.

Використання штучного алмазу та твердого сплаву.

Полікристалічні штучні алмази або пластини з алмазним покриттям можуть бути використані на тих же чистових і напівчистових операціях при обробці кольорових металів і неметалічних матеріалів, що й тверді сплави.

Штучні алмази рекомендуються для:

- дуже більших періодів стійкості;
- високої чистоти обробки;
- скорочення витрат на різання;
- при достатній твердості й стабільних умовах.

Тверді сплави рекомендуються, коли необхідні:

- стійке дроблення стружки;
- висока надійність і низька вартість ріжучої крайки;
- можливість використання для виконання іншої операції;
- при нестабільних умовах операції.

3. Технологічна частина.

3.1 Аналіз базового технологічного процесу.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі – цапфи-диска $0^{го}$ ступеню, розроблений для одиничного виробництва. Деякі операції виконуються вручну, що підвищує тривалість виготовлення деталі. Для механічної обробки деталі використається, в основному, універсальне встаткування.

Характеристика технологічного процесу по операціях:

005 Контрольна

Перевіряється наявність супровідної документації, відповідність її вимогам креслення. Перевіряються розміри деталей згідно ескізу, маркування деталі.

010 Токарна

Устаткування – токарний верстат 1М63. Деталь закріплюється в патроні.

Знімається основна частина припуску на механічну обробку.

015 Токарна

Устаткування – токарний верстат 1М63. Деталь закріплюється в патроні.

Виконується підрізування торців, обточування й розточування циліндричних поверхонь, виконуються закруглення R3.

020 Токарна

Устаткування – токарний верстат 1М63.

Підготовлюються бази на протяжну операцію.

025 Токарна

Устаткування – токарний верстат 1М63.

Напівчиста обробка. Підрізаються торці, обробляється циліндричні поверхні, виконуються фаски.

030 Свердлильна

Устаткування – радіально-свердлильний верстат 2А55.

Свердляться 2 отвори Ø8 під штифти для закріплення деталі у наступних операціях.

035 Слюсарна

Запилюються задири на отворах Ø8, отвори продуваються стисненим повітрям.

Отвір маркірується цифрою «1».

038 Налагоджувальна

Устаткування – горизонтально-протяжний верстат 7Б57.

Регулюється швидкість протягування.

040 Протягування зразка

Устаткування – горизонтально-протягувальний верстат 7Б57.

Паз на зразку протягується по черзі всіма блоками протяжок, після кожного блоку очищається від стружки. Обдувається стисненим повітрям, притупляються гострі кромки. Перевіряються геометричні параметри паза.

045 Налагоджувальна

Устаткування – горизонтально-протягувальний верстат 7Б57.

Відпрацьовується установка диска в пристосування, досягається необхідна точність установки. Регулюється швидкість протягування.

050 Протягувальна

Устаткування – горизонтально-протягувальний верстат 7Б57.

Виконується обробка паза диска-імітатора в такий же спосіб, як і зразок. Перевіряється перекіс протягненого паза, маркірується паз.

052 Протягувальна

Устаткування – горизонтально-протягувальний верстат 7Б57.

Протягуються всі ялинкові пази.

055 Слюсарна

Устаткування – верстат.

Видаляються задири, закругляються гострі кромки в ялинкових пазах.

060 Слюсарна (полірувати)

Устаткування – полірувальний пристрій.

Видаляються задири, обробляються гострі кромки деталі за допомогою спеціальної пасти й щіток. Диск промивається, продувається стисненим повітрям, витирається.

065 Свердлильна

Устаткування – радіально-свердлильний верстат 2А55.

Свердляться 6 отворів Ø4.

070 Слюсарна

Устаткування – верстак.

Запилюються задири.

075 Токарна

Устаткування – токарний верстат 1М63.

Розточуються внутрішні поверхні.

080 Розмічальна

Деталь встановлюється в ділильну головку фрезерного верстата. Розмічаються отвори на фрезерування.

085 Свердлильна

Устаткування – радіально-свердлильний верстат 2А55.

Свердляться 2 отвори.

090 Слюсарна

Устаткування – верстак.

Запилюються задири й виконуються радіуси R1 на отв. У.

095 Фрезерна

Устаткування – фрезерний верстат FSS450R-06.

Фрезеруються пази Р, М.

100 Зубодовбіжна

Устаткування – зубодовбіжний верстат 5М14.

Довбаються шліци.

105 Слюсарна

Устаткування – верстак.

Запилюються задири на фрезерованих пазах, гострі кромки на шліцах.

110 Токарна

Устаткування – токарний верстат 1М63.

Обробляються остаточно поверхні під зборку. Досягається 7-й клас чистоти ($R_a \leq 1{,}25$ мкм).

115 Промивна

Деталь знежирюється й ретельно промивається, сушиться стислим сухим повітрям.

120 Контрольна

Звіряється маркування. Деталь перевіряють зовнішнім оглядом на наявність дефектів. Перевіряються розміри згідно креслення.

125 Люм-А контроль

Деталь перевіряється на тріщини, дефекти і т.і.

130 Завершальний контроль

Звіряється маркування на деталі з паспортом на деталь, перевіряється деталь зовнішнім оглядом, придатні деталі клеймуються.

3.2 **Вибір методу отримання заготовки, розрахунок розмірів**.

Вибір методу отримання заготовки визначається програмним завданням і технічними можливостями заготівельного цеху підприємства. Використання високопродуктивних способів виготовлення заготовок прогресивного типу сприяє зниженню собівартості кінцевої деталі

Для виготовлення заготовки деталі «цапфа-диск» раціональними методами можуть бути лиття в кокіль та штампування на кривошипних гаряче-штампувальних пресах (КГШП).

Кокільне лиття є одним із найбільш економічних способів серед спеціалізованих технологій лиття. Основною особливістю цього методу є використання металевої форми — кокілю, яка може використовуватися багаторазово. Лиття в кокілі дозволяє отримувати заготовки зі стабільними й точними розмірами (до 12-го квалітету). Шорсткість поверхні виливків може досягати Rz = 20 мкм. Такий метод є доцільним для серійного виробництва, особливо для виливків середніх і малих розмірів нескладної форми.

Штампування на КГШП широко використовується в серійному та масовому виробництві. Незважаючи на високу вартість обладнання, цей метод забезпечує високомеханізоване й автоматизоване виготовлення кувань. Штампування на КГШП дає можливість отримувати заготовки, які максимально

наближені за формою до готового виробу. Завдяки точним розмірам таких заготовок знижуються витрати на подальшу механічну обробку. Крім того, штампування забезпечує високу якість внутрішньої структури матеріалу й покращені механічні властивості заготовок.

Розрахунок розмірів кування.

1) Встановлюємо масу кування орієнтовно, збільшуючи масу заготівлі на 40 %:

$$G_{пок.} = 19{,}5 \cdot 1{,}4 = 27{,}3 кг;$$

2) Точність виготовлення приймаємо Т4 згідно з табл. 13.1 [5];

3) Ступінь складності кування визначаємо залежно від відношення її об'єму $V_{пок}$ до обсягу $V_ф$ фігури – циліндра, описаного навколо її:

$$V_{пок} = \frac{G}{\gamma} = \frac{27{,}3}{8{,}2 \cdot 10^3} = 3{,}32 \cdot 10^{-3}\ м^3;$$

$$V_ф = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}225}{4} \cdot 0{,}260 = 10{,}3 \cdot 10^{-3}\ м^3;$$

$$C = \frac{3{,}32}{10{,}3} = 0{,}322$$, що відповідає 3З.

Група стали – М3 (зміст легуючих елементів більше 5%).

4) По мал. 5.21 [5] установлюємо вихідний індекс 18.

5) Основні припуски на механічну обробку знаходимо залежно від вихідного індексу, лінійних розмірів і шорсткості поверхні деталі по табл. 5.8 [5], допуски й допускають відхилення, що, розмірів – по табл. 5.9 [5].

Таблиця 2.1.

Розрахунок розмірів кування.

Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Припустимі відхилення, мм	Розмір кування, мм
Ø170	3,5	5,6	+3,7 -1,9	$Ø\ 177{,}0^{+3{,}7}_{-1{,}9}$
Ø122	3,2	5,0	+3,3 -1,7	$Ø\ 115{,}6^{+3{,}3}_{-1{,}7}$

Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Припустимі відхилення, мм	Розмір кування, мм
Ø217	4,3	5,6	+3,7 -1,9	$Ø\ 225{,}6^{+3{,}7}_{-1{,}9}$
Ø93	3,0	4,5	+3,0 -1,5	$Ø\ 87{,}0^{+3{,}0}_{-1{,}5}$
Ø121	3,2	5,0	+3,3 -1,7	$Ø\ 127{,}4^{+3{,}3}_{-1{,}7}$
251,2	4,7	6,3	+4,2 -2,1	$260{,}6^{+4{,}2}_{-2{,}1}$
97	3,0	4,5	+3,0 -1,5	$103^{+3{,}0}_{-1{,}5}$
60				60,4
89,2				90,9

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу $К_{вм}$.

Об'єм штампування дорівнює:

$$V_{пок} = \frac{3{,}14}{4}[\left(177^2 - 115{,}6^2\right)\cdot 60{,}8 + \left(177^2 - 876^2\right)\cdot 32{,}2 + \left(225{,}6^2 - 87^2\right)\cdot 100 + \\ + \left(127{,}4^2 - 87^2\right)\cdot 65{,}8] = 5{,}16\cdot 10^{-3}\,м^3$$

Вага заготівлі дорівнює:

$$G_{пок.} = 5{,}16\cdot 10_{-3}\cdot 7{,}85\cdot 10_{3} = 40{,}51кг;$$

Тоді $К_{вм}$:

$$К_{вм} = \frac{G_д}{G_{отл}} = \frac{19{,}5}{40{,}51} = 0{,}48.$$

Приймемо штампувальні ухили згідно табл. 5.10 [5]: внутрішні 3º і зовнішні 5º; згідно табл. 5.11 [5] радіуси закруглень зовнішніх кутів кувань 5 мм.

3.3 Розрахунок витрат на основні матеріали.

Розрахунок витрат на основні матеріали виконується на основі відомих даних: розміру річної програми виробництва продукції, норми витрат матеріалу на одиницю продукції, норми відходів та оптових цін на матеріали та відходи.

Формула розрахунку вартості основних матеріалів на деталь має вигляд:

$$M = Q \cdot Ц_{мат.} - q \cdot Ц_{від.},$$

де Q – маса заготівки, кг; $Ц_{мат}$ – ціна 1 кг матеріалу, грн.; q – маса відходів, кг; $Ц_{від.}$ – ціна 1 кг відходів, грн.

Розрахунок вартості основних матеріалів наведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Розрахунок витрат на основні матеріали.

Найменування деталі	–	цапфа-диск
Річна програма	шт.	8000
Марка матеріалу	–	07Х12НМБФ-ш
Норма витрати матеріалу на одиницю	кг	40,51
Витрати матеріалу на програму	т	324,08
Ціна за 1 кг	грн.	31,68
Сума за одиницю	грн.	1283,36
Сума на програму	грн.	10266880
Маса відходів на деталь	кг	21,01
Маса відходів на програму	т	168,08
Ціна 1 кг відходів	грн.	1,13
Сума отримана за реалізацію відходів на деталь	грн.	23,74
Сума отримана за реалізацію відходів на програму	грн.	189920
Усього вартість матеріалів на програму	грн.	10076960

$$M = 40{,}51 \cdot 31{,}68 - 21{,}01 \cdot 1{,}13 = 1283{,}36 - 23{,}74 = 1259{,}62 \text{ грн.}$$

Вартість основних матеріалів на одиницю продукції становить 1259,62 грн.

3.4 **Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах**.

Припуск — це шар матеріалу, який знімається з поверхні заготівлі для досягнення заданих характеристик оброблюваної поверхні.

Операційний припуск — це припуск, що видаляється під час виконання однієї конкретної технологічної операції.

Проміжний припуск — припуск, що знімається під час виконання одного технологічного переходу.

Загальний припуск — це сума всіх операційних припусків, що знімаються під час виконання всіх технологічних операцій на оброблюваній поверхні.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути визначений за допомогою відповідних довідкових таблиць, ГОСТів або через розрахунково-аналітичний метод. Припуски, які визначаються за таблицями, часто мають надмірні значення, оскільки включають резерви для зменшення витрат матеріалу та зниження трудомісткості виготовлення деталі. Такий метод зазвичай застосовується в одиничному та дрібносерійного виробництві

У разі використання розрахунково-аналітичного методу визначається припуск на обробку, що достатній для усунення дефектів поверхневого шару, що виникли на попередньому етапі обробки, а також для компенсації похибок, що виникають на поточному етапі. Використання цього методу дозволяє зменшити відхід металу в стружку, що сприяє підвищенню технологічної культури виробництва.

Розрахуємо припуски за розрахунково-аналітичним методом для двох елементарних поверхонь: зовнішнього діаметра $Ø121_{-0,05}$ і внутрішній діаметр $Ø93^{+0,03}$. Розрахунок буде проведено в табличній формі.

Розрахунок для зовнішньої поверхні $Ø121_{-0,05}$.

Розрахунок проводиться згідно з методикою, викладеною у [7].

Таблиця 2.2.

Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах поверхні $Ø121_{-0,05}$.

Операція (перехід)	Елементи припуску, мкм				Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
	R_z	h	$\Delta\varepsilon_{\Sigma_{i-1}}$	ξ_i		d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Штамповка	160	350	665	–	800	124,724	125,534	–	–
Точіння чорнове	100	120	40	800	400	121,623	122,033	3101	3501

Операція (перехід)	Елементи припуску, мкм				Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
	R_z	h	$\Delta\varepsilon_{\Sigma_{i-1}}$	ξ_i		d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Точіння напівчистове	20	30	2,4	48	100	121,058	121,168	565	865
Точіння чистове	2,5	10	–	2,88	40	120,95	121	108	168

1. Сумарне відхилення розташування заготівки при установці в патроні:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta_{см}^{\ 2} + \Delta_{ц}^{\ 2}},$$

де $\Delta_{см}$ – місцеве відхилення вісі від прямолінійності, мкм;

$$\Delta_{см} = \Delta K(L - e),$$

де L – загальна довжина заготовки, мм, e – відстань від перетину, для якого визначають кривизну до місця кріплення, мм;

$$\Delta_{см} = 1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 195 = 0{,}234 \text{ мм} = 234 \text{ мкм};$$

$\Delta_{ц}$ – зсув осі заготовки, мкм.

$$\Delta\Sigma = \sqrt{234^2 + 622^2} = 665 \text{ мкм}.$$

Величину залишкових відхилень для чорнового точіння визначаємо по формулі:

$$\Delta_{ост} = K_y \cdot \Delta\Sigma = 0{,}06 \cdot 665 = 40 \text{ мкм},$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Для токарної напівчистової обробки:

$$\Delta_{ост} = 0{,}06 \cdot 40 = 2{,}4 \text{ мкм},$$

При чистовій обробці значення $\Delta_{ост}$ надзвичайно мале, тому можна ним знехтувати.

2. Похибка установки заготівки:

$$\Delta\varepsilon_{у} = \sqrt{\Delta\varepsilon_{б}^{\ 2} + \Delta\varepsilon_{з}^{\ 2}},$$

де $\Delta\varepsilon_{б}$ – похибка базування, мкм; $\Delta\varepsilon_{з}$ – похибка закріплення, мкм.

Для токарної чорнової обробки:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 800^2} = 800 \text{ мкм.}$$

Для токарної напівчистової обробки:

$$\Delta\varepsilon_y = 800 \cdot 0{,}06 = 48 \text{ мкм.}$$

Для токарної чистової обробки:

$$\Delta\varepsilon_y = 48 \cdot 0{,}06 = 2{,}88 \text{ мкм.}$$

3. Розраховуємо величину мінімального й максимального припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1}\right) + \sqrt{\xi_i^2 + \Delta\varepsilon_y^2}\right],$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей на попередньому переході, мкм; h_{i-1} – величина дефектного шару з попереднього переходу, мкм; $\Delta\varepsilon_{\Sigma_{i-1}}$ – сумарні відхилення розташування поверхонь (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне), мкм; ξ_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_{i-1} - Td_i,$$

де Td_{i-1} і Td_i – допуски розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах.

Значення R_z та h, а також відхилення та похибки вибираємо по таблицях [7, с.186-188].

Чорнове точіння:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(160 + 350\right) + \sqrt{665^2 + 800^2}\right] = 3101 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max} = 3101 + 800 - 400 = 3501 \text{ мкм.}$$

Напівчистове точіння:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(100 + 120\right) + \sqrt{40^2 + 48^2}\right] = 565 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max} = 565 + 400 - 100 = 865 \text{ мкм.}$$

Чистове точіння:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(20 + 30\right) + \sqrt{2{,}4^2 + 2{,}88^2}\right] = 108 \text{ мкм;}$$

$2Z_{max} = 108 + 100 - 40 = 168$ мкм.

4. Перевірка:

$$2Z_{max} - 2Z_{min} = Td_{i-1} - Td_i$$

Чорнове точіння:

3501–3101=800–400

400=400

Напівчистове точіння:

865–565=400–100

300=300

Чистове точіння:

168–108=100–40

40=40

5. Визначаємо граничні розміри:

- токарна чистова $d_{max} = 121 + 0 = 121 мм$, $d_{min} = 121 - 0{,}05 = 120{,}95 мм$;
- токарна напівчистова $d_{max} = 121 + 0{,}168 = 121{,}168 мм$, $d_{min} = 120{,}95 + 0{,}108 = 121{,}058 мм$;
- токарна чорнова $d_{max} = 121{,}168 + 0{,}865 = 122{,}033 мм$, $d_{min} = 121{,}058 + 0{,}565 = 121{,}623 мм$;
- заготівельна $d_{max} = 122{,}033 + 3{,}501 = 125{,}534 мм$, $d_{min} = 121{,}623 + 3{,}101 = 124{,}724 мм$.

Розрахунок для внутрішньої поверхні $Ø93^{+0,03}$.

Таблиця 2.3.

Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах поверхні $Ø93^{+0,03}$.

Операція (перехід)	Елементи припуску, мкм				Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мкм	
	R_z	h	$\Delta\varepsilon_{\Sigma_{i-1}}$	$\Delta\varepsilon_y$		d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Штамповка	160	350	577	–	540	88,896	89,450	–	–
Розточування чорнове	100	120	35	800	220	92,129	92,363	2913	3233
Розточування напівчистове	20	30	2,1	48	87	92,821	92,922	559	692
Розточування чистове	2,5	10	–	2,88	15	93	93,030	108	179

1. Сумарне відхилення розташування заготівки при установці в патроні:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta_{см}^{\ 2} + \Delta_{ц}^{\ 2}},$$

$$\Delta_{см} = 1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 144 \text{ мкм};$$

$$\Delta\Sigma = \sqrt{144^2 + 559^2} = 577 \text{ мкм}.$$

Величину залишкових відхилень для чорнового розточування:

$$\Delta_{ост} = 0{,}06 \cdot 577 = 35 \text{ мкм},$$

Для токарної напівчистової обробки:

$$\Delta_{ост} = 0{,}06 \cdot 35 = 2{,}1 \text{мкм},$$

При чистовій обробці значення $\Delta_{ост}$ надзвичайно мале.

2. Похибка установки заготівки:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_б^{\ 2} + \Delta\varepsilon_з^{\ 2}},$$

Для токарної чорнової обробки:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 800^2} = 800 \text{ мкм}.$$

Для токарної напівчистової обробки:

$$\Delta\varepsilon_y = 800 \cdot 0{,}06 = 48 \text{ мкм}.$$

Для токарної чистової обробки:

$$\Delta\varepsilon_y = 48 \cdot 0{,}06 = 2{,}88 \text{ мкм}.$$

3. Розраховуємо величину мінімального й максимального припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(R_z + h_{i-1}\right) + \sqrt{\varepsilon_i^2 + \Delta\varepsilon_y^2}\right],$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_{i-1} - TD_i,$$

Чорнове розточування:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(160 + 350\right) + \sqrt{577^2 + 800^2}\right] = 2913 \text{мкм};$$

$$2Z_{\max} = 2913 + 540 - 220 = 3233 \text{ мкм}.$$

Напівчистове розточування:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(100 + 120\right) + \sqrt{35^2 + 48^2}\right] = 559 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 559 + 220 - 87 = 692 \text{ мкм}.$$

Чистове розточування:

$$2Z_{\min} = 2\left[\left(20 + 30\right) + \sqrt{2{,}1^2 + 2{,}88^2}\right] = 107 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 107 + 87 - 15 = 179 \text{ мкм}.$$

4. Перевірка:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = Td_{i-1} - Td_i$$

Чорнове розточування:

$$3233 – 2913 = 540 – 220$$

$$320 = 320$$

Напівчистове розточування:

$$692 – 559 = 220 – 87$$

$$133 = 133$$

Чистове розточування:

$$179 – 107 = 87 – 15$$

$$72 = 72$$

5. Визначаємо граничні розміри:

– розточувальна чистова:

$$d_{\max} = 93 + 0{,}03 = 93{,}03 мм,$$

$$d_{\min} = 93 - 0 = 93 мм;$$

- розточувальна напівчистова: $d_{max} = 93,030 - 0,108 = 92,922 мм,$
  $d_{min} = 93,0 - 0,179 = 92,821 мм;$
- розточувальна чорнова: $d_{max} = 92,922 - 0,559 = 92,363 мм,$
  $d_{min} = 92,821 - 0,692 = 92,129 мм;$
- заготівельна: $d_{max} = 92,363 - 2,913 = 89,450 мм,$
  $d_{min} = 92,129 - 3,233 = 88,896 мм.$

3.5 Проектування технологічного процесу

– Технологічний процес виготовлення деталі повинен бути розроблений згідно з вимогами РД 5.9708-90 та чинними стандартами ЄСТД. Для цього за основу приймається базовий технологічний процес.

– При визначенні послідовності обробки необхідно керуватися наступними принципами:

– - Обробка базових поверхонь: В першу чергу обробляються поверхні, які в подальшому будуть базовими для фіксації деталі в процесі обробки.

– - Етапи обробки: Якщо маршрут обробки розділений на етапи (чорновий, чистовий, обробний), то кожен етап починається з обробки найбільш точної поверхні і завершується на поверхні, для якої даний етап є остаточним. На завершальному етапі останньою обробляється найбільш точна поверхня.

– - Припуски та обробка: Якщо обробка не поділяється на етапи, після підготовки баз обробляються поверхні з найбільшим припуском.

– - Контроль браку: Для своєчасного виявлення браку на відповідальних поверхнях деталі обробка та контроль цих поверхонь здійснюється на початку процесу.

– - Вплив на жорсткість деталі: Далі обробляються поверхні, при знятті металу з яких мінімальний вплив на жорсткість деталі.

– - Висока точність: Для забезпечення найвищої точності відносного розташування поверхонь вони повинні оброблятися при одному встановлюванні.

– - Поєднання чорнової та чистової обробки: Це допускається для громіздких жорстких деталей з великими припусками.

– - Обробка легкоушкоджуваних поверхонь: В кінець маршруту виноситься обробка поверхонь, які легко ушкоджуються в процесі обробки.

– Ці принципи сприяють досягненню високої якості виготовлення деталі, забезпечення її точності та мінімізації витрат часу та матеріалів на етапах обробки..

Під час розробки технологічного процесу слід дотримуватись принципів суміщення та єдності баз, керуючись ГОСТ 21495-86.

Проектування маршрутного технологічного процесу проводимо на базі вже існуючого техпроцесу обробки деталі «цапфа-диск». Базовий техпроцес орієнтований на одиничне виробництво. Тому зміни обумовлені насамперед переходом від одиничного типу до середньосерійного типу виробництва.

На токарних операціях на відміну від заводського техпроцесу використовуємо токарні верстати з ЧПК 16К20Ф3, які дозволяють отримати складний профіль деталі з економією часу, який важко точно виконати на універсальному обладнанні, і, крім того, застосувати багатоверстатне обслуговування, внаслідок чого зменшується час на обслуговування верстату, а також кількість робітників та розряд робіт. Радіально-свердлильний верстат 2А55 доцільно замінити на аналогічний, але менший за габаритами 2А53, він повністю задовольняє потреби різання. На одній з операцій верстат 2А55 замінений на свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 2254ВМФ4, що обумовлено специфікою обробки.

Маршрутний технологічний процес виготовлення цапфи-диску:

005 Контрольна

010 Токарна

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат 16К20

015 Токарна

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат 16К20

020 Термічна

Нормалізація дозволить отримати рівноважну структуру матеріалу та необхідну твердість.

025 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарно-гвинторізний 16К20Ф3

030 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарно-гвинторізний 16К20Ф3

035 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарно-гвинторізний 16К20Ф3

040 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарно-гвинторізний 16К20Ф3

045 Радіально–свердлильна

Обладнання: радіально-свердлильний верстат 2А53

050 Протягувальна

Обладнання: горизонтально-протягувальний полуавтомат 7Б55

055 Слюсарна

060 Контрольна

065 Радіально–свердлильна

Обладнання: радіально-свердлильний верстат 2А53

070 Радіально–свердлильна

Обладнання: радіально-свердлильний верстат 2А53

075 Свердлильно-фрезерна з ЧПК

Обладнання: свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 2254ВМФ4

080 Слюсарна

085 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарно-гвинторізний з ЧПК 16К20Ф3

090 Зубодовбіжна

Обладнання: зубодовбіжний полуавтомат 5М14

095 Слюсарна

100 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарно-гвинторізний 16К20Ф3

105 Промивна
110 Люм-А контроль
115 Контрольна

3.6 **Вибір устаткування і його характеристика.**

При виборі моделі верстата керуємось такими показниками:

1) вид обробки;

2) точність і жорсткість верстата;

3) габаритні розміри верстата (висота й відстань між центрами, розміри стола);

4) потужність верстата, частота обертання шпинделя, швидкість подачі;

5) можливість механізації й автоматизації виконуваної операції й т.і.;

6) вартість верстата.

Для виконання чорнових токарних операцій вибираємо верстат токарно-гвинторізний 16К20. Цей верстат дозволяє виконувати такі операції: обточування й розточування циліндрів та конусів, обробки торців, нарізання різьби, свердлування. Виготовляється в чотирьох виконаннях з різними відстанями між центрами.

Технічна характеристика верстата 16К20:

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	
над станиною	400
над супортом	220
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	710; 1000; 1400; 2000
Число швидкостей шпинделя	22
Частота обертання шпинделя, об/хв.	12,5÷1600
Число ступенів подач	24
Найбільше переміщення супорта, мм	
Повздовжнє	645÷1935
Поперечне	300
Подача супорта, мм/об	
Повздовжня	0,05÷2,8
Поперечна	0,025÷1,4
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11

Габаритні розміри, мм	
довжина	2505÷3795
ширина	1190
висота	1500
Маса, кг	2835÷3685

Чистові токарні операції доцільно виконувати на верстаті з ЧПК. Тому обираємо токарний верстат 16К20Ф3. Він має контурну систему числового програмного управління. Дозволяє виконувати точіння, розточування деталей складного профілю, нарізати метричну різьбу.

Технічна характеристика верстата 16К20Ф3:

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	
над станиною	400
над супортом	220
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	1000
Число швидкостей шпинделя	22
Частота обертання шпинделя, об/хв	12,5÷2000
Число ступенів подач	24
Найбільше переміщення супорта, мм	
повздовжнє	900
поперечне	250
Подача супорта, мм/хв	
повздовжня	3÷1200
поперечна	1,5÷600
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	10
Габаритні розміри, мм	
довжина	3360
ширина	1710
висота	1750
Маса, кг	4000

Для обробки отворів використовуємо радіально-свердлильний верстат 2А53. Верстат призначений для свердлування, зенкерування, розгортання великих заготовок у серійному виробництві.

Технічна характеристика верстата 2А53:

Найбільший умовний діаметр свердлування, мм	50
Конус Морзе отвору шпинделя	5
Число швидкостей шпинделя	21
Частота обертання шпинделя, об/хв.	20÷2000
Число подач шпинделя	12
Подача шпинделя, мм/об	0,056÷2,5
Виліт шпинделя, мм	400÷1600
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	5,5
Габаритні розміри, мм	
Довжина	2665
Ширина	1020
Висота	3430

Для фрезерування пазів та свердлування отворів обираємо верстат свердлильно-фрезерно-розточувальний 2254ВМФ4. Це багатоцільовий вертикальний верстат високої точності з інструментальним магазином та комбінованою системою ЧПК. На ньому можна виконувати фрезерування, свердлування, зенкерування, розгортання, розточування отворів, нарізання різьби мітчиками.

Технічна характеристика верстата 2254ВМФ4:

Розмір робочої поверхні столу	630×400
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	250
Найбільше переміщення столу, мм	
Повздовжнє	500
Поперечне	500
вертикальне шпиндельної головки	500
Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм	90÷590

Конус отвору шпинделя	50
Місткість інструментального магазину, шт.	30
Частота обертання шпинделя, об/хв	32÷2000
Робочі подачі (повздовжня, поперечна, вертикальна), мм/хв	1÷4000
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	6,3
Габаритні розміри, мм	
довжина	4300
ширина	3500
висота	3800
Маса, кг	6500

Для обробки «ялинкових» пазів обираємо горизонтально-протяжний полуавтомат 7Б55. Верстат призначений для протягування точних отворів різної геометричної форми середніх розмірів у серійному виробництві.

Технічна характеристика верстата 7Б55:

Номінальна тягова сила, кН	100
Розмір робочої поверхні опорної плити	450×450
Швидкість робочого ходу протяжки, м/хв	1,5÷11,5
Рекомендована швидкість зворотного ходу протяжки, м/хв	20÷25
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	18,5
Габаритні розміри, мм	
довжина	6340
ширина	2090
висота	1910
Маса, кг	5200

Нарізання зубців виконуємо на зубодовбіжному полуавтоматі 5М14.

Технічна характеристика верстата 5М14:

Найбільш діаметр оброблюваної заготовки, мм	500
Найбільша ширина нарізаного вінця зубчастого колеса, мм	100
Найбільший модуль нарізаного зубчастого колеса, мм	6
Номінальний діаметр встановлюваного довбяка	100

Число двійних ходів інструмента за хвилину	65÷450
Кругова подача, мм/дв. Хід	0,14÷0,75
Радіальна подача, мм/дв. Хід	0,02÷0,1
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	2,8
Габаритні розміри, мм	
Довжина	1800
Ширина	1350
Висота	2200

3.7 Вибір ріжучого інструмента

Конструкція і розміри ріжучого інструмента для кожної операції залежать від виду обробки, розмірів оброблюваної поверхні, властивостей матеріалу заготовки, потрібної точності та шорсткості обробки.

Обробка на токарських операціях зовнішніх і внутрішніх поверхонь внаслідок їх складної конфігурації потребує застосування як стандартних, так і спеціальних інструментів. Для обробки деталі «цапфа-диск» застосовуються переважно інструменти із твердосплавною ріжучою частиною, за винятком протяжок та довбяка, ріжуча частина яких внаслідок специфіки обробки виконана зі швидкорізальної сталі. Вибір марок твердого сплаву та швидкорізальної сталі виконується згідно з рекомендаціями табл. 3.120 та табл. 3.122 [9].

На операціях 010, 015:

Різець прохідний Т5К10 ГОСТ 18879-83;

Різець розточувальний Т5К10 ГОСТ 18882-83;

Різець радіусний R8 Т5К10 ГОСТ 18875-83.

Різець радіусний R3 Т5К10 ГОСТ 18875-83.

На операціях 025–040:

Різець прохідний Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Різець прохідний упорний Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Різець підрізний Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Різець розточувальний Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Різець розточувальний Т15К6 ТУ 2-035-1040-86;

Різець контурний Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Різець канавковий спеціальний Т15К6;

Різець фасонний Т15К6.

На операції 045:

Свердло спіральне Ø7,5 Т5К12 ГОСТ 20694-85;

Розгортка Ø7,95 Т5К10 ГОСТ 16087-80;

Розгортка Ø8 Т5К10 ГОСТ 16087-80;

Зенківка Ø10.

На операції 050:

Протяжка ялинкова Р6М5К5;

Протяжка калібрувальна Р6М5К5;

Протяжка фаскова Р6М5К5.

На операції 065:

Свердло спіральне Ø6 Т5К10 ГОСТ 20694-85.

На операції 070:

Свердло спіральне Ø3 Т5К10 ГОСТ 20694-85.

На операції 075:

Свердло спіральне Ø4 Т5К10 ГОСТ 20694-85;

Фреза шпонкова Ø6 Т5К10 ГОСТ 16463-80.

На операції 085:

Різець розточний Т15К6 ТУ 2-035-1040-86;

На операції 090:

Довбяк Р6М5К5 ГОСТ 9323-89.

На операції 100:

Різець прохідний Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Різець підрізний Т15К6 ТУ 2-035-892-82.

3.8 Вибір вимірювального інструмента

Мірильні засоби — це важливі технічні пристрої, призначені для точного вимірювання різних параметрів оброблених деталей. Вибираючи цих інструментів враховують існуючі організаційно-технічні форми контролю, масштаб виробництва, конструктивні характеристики деталей, що вимірюються (габаритні розміри, масу, розташування поверхонь, кількість контрольованих параметрів), точність виготовлення деталей та інші економічні фактори.

До основних метрологічних показників вимірювального засобу відносяться ціна поділки шкали, діапазон показань, допустима похибка засобу та вимірювальне зусилля.

Від якості контролю, засобів і методів вимірювання та їх вибору залежить якість готових деталей.

У проектованому технологічному процесі використовуються такі вимірювальні засоби:

- Штангенциркулі:

  ШЦ I–250–0,1 ГОСТ 166-80,

  ШЦ II–250–0,05 ГОСТ 166-80,

  ШЦ III–315–0,1 ГОСТ 166-80;
- Штангенглубіноміри ШГ 250–0,05 ГОСТ 162-80;
- Радіусоміри РМ ГОСТ 4126-82;
- Калібри:

  Калібр-пробка 1-360-0,01 ГОСТ 14807-89,

  Калібр роликовий спеціальний;
- Пристосування для контролю перекосу ялинкового паза (спец. еталон);
- Індикаторний нутромір ГОСТ 9244-86;
- Мікрометр важільний 0-50-0,02 ГОСТ 6507-88.

3.9 Розрахунок і призначення режимів різання

При встановленні параметрів різання враховуються такі фактори, як особливості обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, властивості та стан заготовки, а також тип і стан обладнання. Зазвичай елементи режимів різання визначають у наступному порядку::

1) глибина різання – t;
2) подача – S;
3) швидкість різання - *v*;

Для чорнової обробки глибину різання встановлюють на максимально можливому рівні, що зазвичай дорівнює повному припуску або його більшій частині. При чистовій обробці цей параметр залежить від вимог до точності розмірів та шорсткості поверхні.

Подачу для чорнової обробки обирають максимальною, з огляду на жорсткість та міцність системи ВПІД, потужність приводу верстата, характеристики твердосплавної пластини ріжучого інструмента та інші умови. При чистовій обробці подача коригується в залежності від необхідної точності і шорсткості оброблюваної поверхні

Швидкість різання розраховують за допомогою емпіричних формул, які розроблені для кожного виду обробки і мають загальний вигляд:

$$v_{т.б.} = \frac{C_v}{T^в \cdot t^x \cdot S^y}$$

Значення коефіцієнта C_v і показників ступенів, що входять до складу цієї формули, а також період стійкості інструмента, який використовується для відповідного виду обробки, можна знайти в таблицях [8] для кожного типу обробки. Швидкість різання, обчислена на основі табличних значень, враховує конкретні параметри глибини різання, подачі та стійкості інструмента і є дійсною для визначення табличних значень ряду інших факторів. Для отримання точних значень швидкості різання, з урахуванням конкретних параметрів, вводиться поправний коефіцієнт. Таким чином, реальна швидкість різання розраховується за формулою:

$$v = v_{тб.} \cdot K_v$$

де K_v – це добуток кількох коефіцієнтів. Найважливішими серед них є: $K_{мv}$ – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки; K_{nv} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання; K_{uv} – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

Стійкість T – це період експлуатації інструмента до його затуплення. Для одноінструментальної обробки середнє значення стійкості зазвичай становить від 30 до 60 хвилин.

Під силою різання зазвичай розуміють її головну складову P_z, яка визначає потужність N_e, що витрачається на різання, а також крутящий момент на шпинделі верстата.

Для таких операцій, як зовнішнє повздовжнє та поперечне точіння, розточування, відрізання, прорізання пазів та фасонне точіння, тангенціальна складова сили різання розраховується за наступною формулою:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v^n K_p .$$

Коригувальний коефіцієнт K_p є добутком кількох коефіцієнтів, які враховують реальні умови різання.

Потужність різання, кВт, розраховується за формулою:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} .$$

Розрахунок режимів різання на операцію токарну 030.

Розточування отвору $Ø92^{+0,5}$.

Необхідна шорсткість поверхні R_a 5 мкм, обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК 16К20Ф3 розточувальним різцем Т15К6.

Глибина різання:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

де D, d – відповідно діаметр до і після обробки за даний прохід, мм.

$$t = \frac{92 - 89}{2} = 1{,}5 \text{мм}.$$

Обираємо подачу на оберт шпинделя S_o за табл.:

$$S_o = 0{,}5 \frac{мм}{об}$$

Швидкість різання при точінні розраховується за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}}.$$

За табл.17 [8, с.269]: C_v=244; x_v=0,15; y_v=0,20; m=0,20.

$$v_p = \frac{244}{60^{0,20} \cdot 1{,}5^{0,15} \cdot 0{,}5^{0,20}} = 102 \frac{м}{хв}.$$

Обчислимо корегуючий коефіцієнт K_v: $K_v = K_{мv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$. Для сталі 07Х12НМБФ-Ш за таблицями 3, 5, 6 [8, с.262] $K_{мv} = 0{,}85$; $K_{nv} = 1$; $K_{uv} = 1{,}5$.

Тоді $K_v = 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 1{,}275$.

Корегуємо швидкість різання: $v = 102 \cdot 1{,}275 = 130 \frac{м}{хв}$.

Визначаємо розрахункову подачу шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

де D – діаметр оброблюваної деталі, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 130}{3{,}14 \cdot 92} = 450 \frac{об}{хв}.$$

Корегуємо частоту обертання за паспортом верстата $n = 400 \frac{об}{хв}$.

Тепер визначаємо дійсну швидкість різання виходячи із прийнятої частоти обертання:

$$v = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{400 \cdot 3{,}14 \cdot 92}{1000} = 116 \frac{м}{хв}.$$

Зовнішнє точіння $Ø122^{+0,5}$, підрізання торця.

Обробка ведеться різцем прохідним упорним Т15К6.

$$t = \frac{125 - 122}{2} = 1{,}5 \text{ мм}.$$

Обираємо подачу на оберт шпинделя S_o за табл.12 [8, с.267]:

$$S_o = 0{,}5 \frac{мм}{об}$$

$$v_p = \frac{244}{60^{0,20} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,20}} = 102 \frac{м}{хв}.$$

Корегуємо швидкість різання: $v = 102 \cdot 1,275 = 130 \frac{м}{хв}$.

Визначаємо розрахункову подачу шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

де D – діаметр оброблюваної деталі, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 130}{3,14 \cdot 122} = 339 \frac{об}{хв}.$$

Корегуємо частоту обертання за паспортом верстата $n = 315 \frac{об}{хв}$.

Тепер визначаємо дійсну швидкість різання виходячи із прийнятої частоти обертання:

$$v = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{315 \cdot 3,14 \cdot 122}{1000} = 121 \frac{м}{хв}.$$

Точіння фасонним різцем.

Обробка канавки ведеться різцем фасонним Т15К6.

Глибину різання $t = 14,5$ мм.

Обираємо подачу на оберт шпинделя S_o за табл.16 [8, с.269]: $S_o = 0,08 \frac{мм}{об}$.

Швидкість різання при фасонному точінні розраховується за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^{y_v}}.$$

За табл.17 [8, с.269]: C_v=22,7; y_v=0,50; m=0,30.

$$v_p = \frac{22,7}{60^{0,30} \cdot 0,08^{0,50}} = 23,5 \frac{м}{хв}.$$

Корегуємо швидкість різання: $v = 23,5 \cdot 1,275 = 30 \frac{м}{хв}$.

Визначаємо розрахункову подачу шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

де D – діаметр оброблюваної деталі, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 150} = 64 \frac{об}{хв}.$$

Корегуємо частоту обертання за паспортом верстата $n = 63 \frac{об}{хв}$.

Тепер визначаємо дійсну швидкість різання виходячи із прийнятої частоти обертання:

$$v = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{63 \cdot 3{,}14 \cdot 150}{1000} = 30 \frac{м}{хв}.$$

Визначаємо тангенціальну складову силу різання:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v^n K_p.$$

Обчислимо корегуючий коефіцієнт K_p: $K_p = K_{мр} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{rp}$. Для сталі 07Х12НМБФ-Ш за таблицями 9, 23 [8, с.262-275]

$$K_{мv} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{860}{750}\right)^{0{,}75} = 1{,}1;\ K_{\lambda p} = 1{,}0;\ K_{\varphi p} = 0{,}94;\ K_{\gamma p} = 1{,}1;\ K_{rp} = 1{,}0.$$

Тоді $K_p = 1{,}1 \cdot 1 \cdot 0{,}94 \cdot 1{,}1 \cdot 1 = 1{,}14$.

За табл.22 [8, с.273]: C_p=204; х= 1,0; у=0,75; п=0.

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1{,}5^1 \cdot 0{,}3^{0{,}75} 121^0 \cdot 1{,}14 = 2074 \text{ Н}.$$

Потужність, необхідна для різання, дорівнює:

$$N_{різ} = \frac{2074 \cdot 121}{1020 \cdot 60} = 4{,}1 \text{ кВт}.$$

Отримане значення необхідної потужності перевіряється за потужністю верстата з урахуванням його ККД.

$N_{різ} \le N_в \eta$, де $N_в$ – потужність верстата; η – ККД верстата.

Потужність $N_в$ = 10 · 0,85 = 8,5 кВт. Можливості верстата 16К20Ф3 задовольняють умовам, необхідним для виконання розрахованих режимів різання.

Розрахунок режимів різання на операцію свердлильно-фрезерну 075.

Свердлування 6 отворів Ø4.

Необхідна шорсткість поверхні R_a 5 мкм, обробка ведеться на свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті з ЧПК 2254ВМФ4 свердлом Т5К10.

Глибина різання:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ мм.}$$

Обираємо подачу максимально допустиму за міцністю свердла за табл. 25 [8, с.277]:

$$S_o = 0{,}12 \frac{мм}{об}$$

Швидкість різання при свердлуванні розраховується за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^{Y_V}} K_v .$$

Обчислимо корегуючий коефіцієнт K_v: $K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}$. Для сталі 07Х12НМБФ-Ш за таблицями 3, 6, 31 [8, с.262-280] $K_{mv} = 0{,}85$; $K_{uv} = 1{,}5$; $K_{lv} = 1$

Тоді $K_v = 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 1{,}275.$

За табл.28 [8, с.278]: C_v=3,5; q=0,50; y_v=0,45; m=0,12. За табл.30 [8, с.279] обираємо період стійкості інструмента T=6 хв.

$$v_p = \frac{3{,}5 \cdot 4^{0{,}50}}{6^{0{,}12} \cdot 0{,}12^{0{,}45}} \cdot 1{,}275 = 18{,}7 \frac{м}{хв}.$$

Визначаємо розрахункову частоту обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 18{,}7}{3{,}14 \cdot 4} = 1489 \frac{об}{хв}.$$

Корегуємо частоту обертання за паспортом верстата $n = 1400 \frac{об}{хв}$.

Тепер визначаємо дійсну швидкість різання виходячи із прийнятої частоти обертання:

$$v = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{1400 \cdot 3{,}14 \cdot 4}{1000} = 18 \frac{м}{хв}.$$

Розрахуємо крутячий момент і осьову силу за формулами:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p ; \; P_o = 10 C_p D^q S^y K_p .$$

Значення коефіцієнтів і показників ступеню вибираємо з табл.32 [8, с.281]:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0{,}041 \cdot 4_1 \cdot 0{,}12_{0{,}8} \cdot 1{,}1 = 0{,}33 \text{ Н·м;}$$

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 4 \cdot 0{,}12^{0{,}65} \cdot 1{,}1 = 1586 \text{ Н.}$$

Необхідна потужність різання для свердлування розраховується за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{0{,}33 \cdot 1400}{9750} = 0{,}05 \text{ кВт.}$$

Цю потужність цілком забезпечує обраний тип верстата.

Фрезерування пазів шириною 6 мм.

Фреза шпонкова Ø6 Т5К10, довжина пазів 11 мм.

Глибина різання:

$$t = 9 \text{ мм.}$$

Обираємо подачу на зубець фрези за картою Ф-2 [14, с.86]:

$$S_z = 0{,}005 \left| \begin{matrix} мм \\ зуб \end{matrix} \right.$$

Швидкість різання при фрезеруванні – окружна швидкість фрези, вона розраховується за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^{\ y} \cdot B^u \cdot z^p} K_v .$$

За табл.39 [8, с.286] обираємо значення коефіцієнту C_v та показників ступеню. За табл.40 [8, с.290] обираємо період стійкості інструмента T=60 хв.

$$v = \frac{12 \cdot 6^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 9^{0,3} \cdot 0{,}005^{0,25} \cdot 6^0 \cdot 2^0} 1{,}275 = 17{,}6 \left| \begin{matrix} м \\ хв \end{matrix} \right. .$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання фрезу за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 17{,}6}{3{,}14 \cdot 6} = 1034 \left| \begin{matrix} об \\ хв \end{matrix} \right. ,$$

Корегуємо частоту обертання за паспортом верстата $n = 1000 \left| \begin{matrix} об \\ хв \end{matrix} \right.$.

Тепер визначаємо дійсну швидкість різання виходячи із прийнятої частоти обертання:

$$v = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{1000 \cdot 3{,}14 \cdot 6}{1000} = 18{,}8 \left| \begin{matrix} м \\ хв \end{matrix} \right. .$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^{\ y} B^u z}{D^q n^w} K_{мр}$$

Значення коефіцієнтів і показників ступеню вибираємо з табл.41 [8, с.291]:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 9^{0,75} \cdot 0,005^{0,6} \cdot 6^{1,0} \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 1000^{0}} \cdot 1,1 = 302 \text{ Н.}$$

Потужність різання для фрезерування розраховується за формулою:

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{302 \cdot 1000}{1020 \cdot 60} = 4,9 \text{ кВт.}$$

Цю потужність цілком забезпечує обраний тип верстата.

3.10 Технічне нормування

Однією з ключових складових розробки технологічного процесу є визначення режимів різання та встановлення норм часу для виконання конкретної операції. Існує три основні методи нормування: технічний розрахунок за нормативами, порівняння та розрахунок за укрупненими типовими нормативами, а також встановлення норм на основі дослідження витрат робочого часу

Перший метод передбачає розрахунок тривалості операцій на основі детального аналізу послідовності і змісту дій робітника та верстата.

Другий метод використовує укрупнені типові норми для визначення часу, який витрачається на операцію. Цей метод зазвичай застосовується в одиничному та дрібносерійному виробництві.

Третій метод полягає у використанні хронометрії для визначення норм часу. Він має важливе значення для вивчення та узагальнення передових методів праці, а також для розробки нормативів, які служать основою для технічного обґрунтування норм розрахунку.

Технологічно обґрунтована норма часу розраховується:

$$T_{шт.-к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n},$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час на операцію, хв; $T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв. Технічно обґрунтована норма штучного часу складається з:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{від};$$

де $T_{оп}$ – оперативний час, хв, дорівнює сумі основного $T_{осн}$ (витрачається безпосередньо на виготовлення деталі, тобто зміни форми, розмірів, стану

заготовки) і допоміжного $T_{доп}$ часу (витрачається на установку, закріплення, зняття деталі та ін. допоміжні операції, пов'язані з основною роботою); $T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, хв, – час, що робочий витрачає на догляд за верстатом та оснащенням; $T_{від}$ – час на відпочинок та особисті потреби робочого, хв.

Час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$, відпочинок і особисті потреби $T_{від}$, визначається на операцію в хвилинах або у відсотках до основного часу.

n – обсяг партії запуску деталей, шт.

Розрахунки основного часу на механічну обробку виконується по формулах:

1. Токарська операція.

Основний машинний час розраховується за формулою:

$$T_{осн} = \frac{L}{nS} i = \frac{\pi DL}{1000vS} i,$$

де L – розрахункова довжина обробки, мм;

при повздовжньому точінні:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3,$$

де l – довжина оброблюваної поверхні в напрямку подачі, мм; l_1 – величина врізання різального інструмента, мм; l_2 – величина перебігу різального інструмента, мм; l_3 – додаткова довжина на взяття пробних стружок, мм.

при підрізанні торця:

$$L = \frac{D - d}{2},$$

де D, d – відповідно зовнішній і внутрішній діаметри, мм; n – частота обертів шпинделя, об/хв; S – подача різця на операції, мм/об; v – швидкість різання на операції, м/хв; i – число проходів.

2. Свердлильна операція:

$$T_{осн} = \frac{L}{nS} i = \frac{\pi DL}{1000vS} i,$$

де D – діаметр отвору, мм;

3. Фрезерування пазів:

$$T_{осн} = \frac{L}{S_м} i,$$

де S_m – хвилинна подача, $\frac{мм}{хв}$;

$$S_m = S_z z n,$$

де S_z – подача на один зуб фрези, мм/об; z – кількість зубців фрези; n – кількість обертів фрези, об/хв; L – розрахункова довжина обробки, мм.

Розрахунок норм часу на операцію токарну з ЧПК 030.

Норма основного машинного часу на перехід:

Розточування отвору $Ø92^{+0,5}$:

$$T_{осн} = \frac{L}{nS} i = \frac{94 + 0,8 + 1}{315 \cdot 0,2} \cdot 1 = 1,52 \text{ хв};$$

Зовнішнє точіння $Ø122^{+0,5}$:

$$T_{осн} = \frac{90 + 1,0 + 1,0}{315 \cdot 0,2} \cdot 1 = 1,46 \text{ хв};$$

Підрізання торця:

$$T_{осн} = \frac{(122 - 92)/2}{315 \cdot 0,2} \cdot 1 = 0,24 \text{ хв};$$

$$T_{осн} = \frac{(137 - 122)/2}{315 \cdot 0,2} \cdot 1 = 0,12 \text{ хв};$$

Фасонне точіння:

$$T_{осн} = \frac{L}{nS} i = \frac{17}{63 \cdot 0,15} \cdot 9 = 6,2 \text{ хв};$$

Основний машинний час на операцію складає:

$$T_{осн} = 1,52 + 1,46 + 0,24 + 0,12 + 6,2 = 9,54 \text{ хв};$$

За нормативами [7], а також з додатками 2.3-2.5 [2] обираємо норми часу: $T_{п-з} = 10,3$ хв; $T_{обс} = 0,025 \cdot T_{осн}$; $T_{від} = 0,04 \cdot T_{осн}$.

Допоміжний час дорівнює:

$$T_{доп} = 4,9 + 0,43 + 0,33 + 0,33 + 0,43 + 0,43 = 6,85 \text{ хв};$$

$$T_{шт.-к.} = 9,54 + 6,85 + (0,025 + 0,04) \cdot 9,54 + \frac{10,3}{20} = 17,52 \text{ хв}.$$

Розрахунок норм часу на операцію свердлильно-фрезерну з ЧПК 075.

Свердлильна:

$$T_{осн} = \frac{3{,}14 \cdot (2+3+1)}{1400 \cdot 0{,}12} \cdot 6 = 0{,}67 \text{ хв};$$

Фрезерування:

$$S_m = 0{,}01 \cdot 2 \cdot 1000 = 20 \frac{мм}{хв}$$

$$T_{осн} = \frac{12{,}2}{20} \cdot 3 = 1{,}83 \text{ хв};$$

Основний машинний час на операцію складає:

$$T_{осн} = 0{,}67 + 1{,}83 = 2{,}5 \text{ хв};$$

Допоміжний час дорівнює:

$$T_{до\,п} = 3{,}2 + 0{,}54 + 0{,}36 = 4{,}1 \text{ хв};$$

$$T_{шт.-к.} = 2{,}5 + 4{,}1 + (0{,}03 + 0{,}04) \cdot 2{,}5 + \frac{12}{20} = 7{,}36 \text{ хв}.$$

3.11 Програмування обробки на верстатах з ЧПК

Керуюча програма на токарну операцію 030

Програма є спеціально оформленою послідовністю команд, яка є частиною керуючої програми і містить чітко визначену послідовність повторюваних переміщень робочих органів верстата або типових технологічних команд.

Програмування здійснюється для операції токарної 030 на верстаті з ЧПК 16К20Ф3, що дає змогу обробляти зовнішні та внутрішні поверхні деталей типу тіл обертання із ступінчастими та криволінійними профілями в замкнутому полуавтоматичному циклі. ЧПК типу 2Р22 забезпечує автоматичне переміщення ріжучих інструментів по заданій траєкторії з контурною швидкістю, визначеною програмою управління. Система ЧПК виконує: контурну обробку та позиціювання робочого органу у визначене положення; введення, налаштування та редагування керуючих програм через пульт керування; цифрову індикацію; видачу технологічних команд. Розміри можуть бути задані як в абсолютних

значеннях (X, Z), так і в приростеннях (U, W) з точністю до 0,001. Система підтримує лінійну та кругову інтерполяцію.

Умовні позначення:

Допоміжні та підготовчі функції:

M02 – зупинка з підтвердженням;

M08 – включення охолодження;

M09 – виключення охолодження;

M17 – кінець опису деталі для циклу L08.

Постійні цикли:

L04 – цикл «петля». Цикл внутрішньої обробки за координатою Z із автоматичним відскоком і швидким повертанням у вихідну точку;

L08 – цикл багатопрохідної обробки циліндрів з автоматичним розділенням на проходи.

Програма обробки	Примітки
N001 F0,2 S2 355 T1 ПС	Подача 0,2 мм/об, частота обертання 355 об/хв., позиція інструмента – 1.
N002 Z8 E ПС	Підхід до вихідної точки на швидкому русі
N003 X88 E ПС	
N004 M08 L08 A0,5 P0,75 ПС	Цикл L08, глибина різання 0,75 мм, припуск під чистову обробку 0,5 мм
N005 X122 ПС	Опис контуру деталі.
N006 Z–88 Q3 ПС	
N007 L08 X137 M17 M09 ПС	Кінець опису.
N008 Z8 E ПС	Швидке відведення інструменту у вихідні координати
N009 X88 E ПС	
N010 F0,2 S2 355 T2 ПС	Подача 0,2 мм/об, частота обертання 355 об/хв., позиція інструмента – 2.
N011 Z8 E ПС	Підхід до вихідної точки на швидкому русі
N012 X92 E ПС	
N013 L04 W–102 ПС	Цикл L04, відскік на 1 мм, швидке повертання у

Програма обробки	Примітки
	вихідну точку.
N014 F0,08 S2 80 T3 ПС	Подача 0,08 мм/об, частота обертання 80 об/хв, позиція інструмента – 3.
N015 Z8 E ПС	Підхід до вихідної точки на швидкому русі
N016 X170 E ПС	Опис траєкторії для фасонного точіння
N017 M08 Z–110,5 M09 ПС	Швидке відведення інструменту у вихідні координати
N018 Z8 E ПС	
N019 X170 E ПС	
N020 M02 ПС	Кінець програми

4. Конструкторська частина

4.1. Пристосування для протягування. Опис та характеристика пристосування

Пристосування – це допоміжний елемент, що використовується під час механічної обробки, монтажу та контролю деталей.

Основні вимоги до затискних пристроїв включають:

– надійність у використанні, простоту конструкції та зручність обслуговування;

– збереження форми та поверхні заготовок без деформацій чи пошкоджень;

– мінімальні витрати часу і зусиль на закріплення та зняття заготовки;

– забезпечення рівномірного затиску заготовок;

– достатню жорсткість конструкції затискного пристрою.

Деталь цапфа-диск виготовляється із сплаву 07Х12МНБФ-Ш, що має межу міцності σв = 750 МПа. Для протяжних операцій використовується спеціальне пристосування, яке дозволяє обробляти пази типу "ялинка" та "ластівчин хвіст". Воно складається з базового елемента пристосування.

Верстатні пристосування мають важливе значення у технологічному процесі механічної обробки цапфи-диска. Їхнє застосування сприяє підвищенню продуктивності, забезпеченню високої якості обробки, а також зниженню собівартості виготовлення деталі.

Технічна характеристика базового пристосування

1. Діаметр оброблюваної деталі, мм	max	940
2. Хід горизонтальної плити, мм	вправо	160
	вліво	160
3. Хід вертикальної плити, мм	min	0
	max	50
4. Переміщення горизонтальної плити за 1 оберт ходового гвинта мм		6
5. Посадковий діаметр в опорну плиту верстата, мм		260
6. Відстань від дна адаптера до осі центровика, мм		
у вихідному положенні		400
у крайнім положенні		425
7. Висота горизонтального установа у положенні "0" , мм		160
8. Відстань від осі фіксатора до осі центровика, мм		225
9. Посадковий діаметр центровика, мм		50g6
		60g6
10. Спосіб розподілу		ручний

Опис конструкції.

Основна плита має базову поверхню, яка забезпечує її закріплення на опорній плиті протяжного верстата. У нижній передній частині розташована базова площина з чотирма шпонковими пазами, розміщеними хрестоподібно, що дозволяє закріплювати адаптер-косинець. На передній стороні основної плити встановлено дві напрямні прямокутного перерізу, оснащені поздовжніми шпонковими виступами, які точно входять у паз. Внутрішні бічні поверхні цих

напрямних визначають рух вертикальної плити, регульований бронзовими клинами.

Під напрямними, у спеціальних отворах плити, розташовані вбудовані гідроциліндри, штоки яких мають плоскі сторони й проходять через пази в напрямних. У верхній частині основної плити, вздовж осі симетрії, знаходиться отвір із запресованою зносостійкою втулкою. Ця втулка сприяє направленню циліндричної частини ромбічного фіксатора та забезпечує місце для встановлення його циліндра.

Вертикальна плита має плоску прямокутну конструкцію, яка призначена для переміщення деталі у вертикальній площині під час холостого ходу. Її рух здійснюється вздовж накладних напрямних: підйом виконується двома гідроциліндрами, а опускання відбувається під дією ваги плити. Для забезпечення високої точності обробки, після завершення руху вертикальна плита фіксується шістьма гідроциліндрами, розташованими у спеціальних отворах основної плити. Гальмування поршнів гідроциліндрів у кінцевих позиціях забезпечує необхідну стабільність роботи холостого ходу, застосоване дроселювання потоку масла, що надходить на злив у період, що передує зупинці.

Вертикальна плита виконує функцію закріплення косинця з оброблюваною деталлю. На задній стороні косинця розташовані горизонтальні комбіновані напрямні, які відповідають напрямним вертикальної плити. Точне горизонтальне переміщення косинця здійснюється за допомогою ходового гвинта, який приводиться в рух вручну. Для обмеження переміщення використовується горизонтальний упор у вигляді мірної плитки, яка встановлюється на спеціальні майданчики з боку максимального зусилля різання.

Зазор у комбінованих напрямних регулюється вертикальним затискачем за допомогою двох самогальмуючих клинових механізмів. Для забезпечення їх надійної роботи передбачено мастило, що подається через отвір, закритий різьбовою пробкою.

Адаптер складається з двох основних елементів: корпусу адаптера та косинця. Корпус адаптера є масивною деталлю з базовими поверхнями для

кріплення як до косинця, так і до напрямних планок, які формують замкнений контур, що забезпечує напрямок корпусу протягань. Косинець являє собою зварну конструкцію з базовими поверхнями, обробленими взаємно перпендикулярно, для кріплення до основної плити та корпусу адаптера.

Косинець закріплюється на основній плиті через базову площину за допомогою чотирьох призматичних шпонок, розташованих у формі хреста. Базова поверхня для монтажу корпусу адаптера включає площину та два настановних штирі, які забезпечують зручне зняття та встановлення корпусу без необхідності розбирання установки. Передня частина корпусу адаптера оснащена колодкою з елементами базування, які дозволяють надійно закріплювати його до напрямних приставної станини за допомогою шпильок і гвинтів.

Керування потоками масла в порожнинах гідроциліндрів підсилювача, механізмів фіксації, підйому, затискача вертикальної плити, а також затискача оброблюваної деталі здійснюється за допомогою універсальної гідропанелі.

Ця панель монтується на станині протяжного верстата за допомогою чотирьох гвинтів М12.

Елементи гідропанелі розташовані на корпусі, всередині якого знаходяться сполучні канали. На нижній частині корпусу передбачені отвори для підключення труб, що з'єднують панель із насосом.

Гідропідсилювач є гідроциліндром із диференціальним підключенням порожнин, який має коефіцієнт підсилення 3,6. Вхід у поршневу порожнину оснащений нерегульованим дроселем, тоді як вихід обладнано регульованим дроселем. Штокова порожнина підсилювача є зоною високого тиску та використовується для живлення гідроциліндрів затискача вертикальної плити і оброблюваної деталі під час робочого ходу.

Розрахунок пристосування.

1. ***Розрахунок напруженості болтів.***

Пристосування закріплюється на верстаті за допомогою двох прихватів і двох болтів. Проведемо розрахунок найбільш навантаженої деталі пристосування – болтів М20.

Болт навантажений поперечною силою. Розрахунок болта на зріз проводиться за умови, що розрахункове напруження $\tau_{зр}$ в болті не перевищуватиме допустиме напруження на зріз:

$$\tau_{зр} \le [\tau]_{зр}.$$

Допустиме напруження $[\tau]_{зр}$ перебуває у такій залежності з межою текучості $[\sigma]_T$ для болтів d_0=16÷30 мм:

$$[\tau]_{зр} = (0{,}25 \div 0{,}40)[\sigma]_T$$

Для сталі 40 $[\sigma]_T$ =320 МПа. Таким чином, маємо:

$$[\tau]_{зр} = 0{,}3 \cdot 320 = 96\,\text{МПа}.$$

Розрахункове напруження дорівнюватиме:

$$\tau_{зр} = \frac{P}{S},$$

де P – поперечне навантаження, кН; S – площа поперечного перерізу болта по різьбленню, м^2; d – внутрішній діаметр різьби, м.

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot \left(19 \cdot 10^{-3}\right)^2}{4} = 2{,}746 \cdot 10^{-4}\ \text{м}^2,$$

Навантаження, яке діє на болти, дорівнює:

$$P = F_{\text{пр}} \cdot k,$$

де $F_{\text{пр}}$ – вага усього пристосування, кН, k – коефіцієнт запасу, який враховує нестабільність роботи системи (при знакоперемінних напруженнях k=3÷5).

$$P = 3{,}6 \cdot 5 = 18\ \text{кН},$$

$$\tau_{зр} = \frac{18 \cdot 10^3}{2{,}746 \cdot 10^{-4}} = 65{,}55\ \text{МПа},$$

Напруження на один болт становитиме:

$$\tau_{зр} = \frac{65{,}5}{2} = 32{,}78\ \text{МПа}.$$

Тобто болти задовольняють умові $\tau_{зр} \le [\tau]_{зр}$.

32,78 МПа < 96 МПа

2. *Розрахунок навантаження фіксатора.*

Проведемо розрахунок зусилля *P*, яке діє на фіксатор.

В даному випадку *P* буде дорівнювати.

$$P = P_z \cdot tg14^o \cdot k,$$

де P_z – сила різання, кН; *k* – коефіцієнт запасу.

P_z при протягуванні розраховується за формулою:

$$P_z = P\sum B,$$

де *P* – сила різання на 1 мм довжини леза, Н, залежить від оброблюваного матеріалу і величини подачі S_z на один зуб протяжки. За табл. 54 [8] *P*=398 Н/мм; $\sum B$ – периметр різання – найбільша сумарна довжина лез усіх одночасно ріжучих зубців, мм.

$$\sum B = B\frac{z_1}{z_c},$$

де *B* – периметр різання, мм, дорівнює довжині оброблюваного контуру заготовки; z_c – кількість зубців в секції протяжки; z_1 – найбільша кількість одночасно працюючих зубців.

$$P_z = 398 \cdot 12{,}28 \cdot \frac{17}{10} = 8309 \text{ Н}.$$

Отже, *P* = 8,309·0,249·5 = 10,34 кН.

Фіксатор повинен задовольняти такій умові:

$$\sigma_T \le [\sigma]_T.$$

Для фіксатора $[\sigma]_T$ =290 МПа.

$$\sigma_T = \frac{P}{S} = \frac{10{,}34 \cdot 10^3}{0{,}36 \cdot 10^{-3}} = 28{,}72 \text{ МПа}.$$

Отже, фіксатор задовольняє умові $\sigma_T \le [\sigma]_T$.

28,72 МПа < 290 МПа.

4.2 Проектування протяжки

Сутність технології виготовлення деталей машин полягає у послідовному застосуванні різних технологічних методів впливу на оброблювану заготовку з метою надання їй необхідної форми, розмірів та заданої точності. Одним із таких методів є механічна обробка шляхом різання.

Металорізальний інструмент відіграє ключову роль у процесі виробництва. Його застосовують для обробки різанням різноманітних деталей на металорізальних верстатах. Ріжуча частина інструмента взаємодіє з матеріалом заготовки, зрізуючи його у вигляді стружки. При цьому стружка є побічним продуктом, або відходом, механічної обробки металів.

Широкий асортимент деталей потребує великої кількості видів інструментів для їх обробки. Впровадження нових верстатів та інструментів дозволяє підвищити ефективність процесу обробки. Практика свідчить, що інструмент відіграє важливу роль у розвитку технологій різання матеріалів. Він не лише впливає на конструкцію верстатів, але й частково визначає конструктивні особливості деталей машин. Наприклад, обробка фасонних пазів, зокрема ялинкових, високої точності можлива лише за допомогою протяжок.

Ускладнення конструкцій машин, а також підвищення вимог до їхньої точності та якості призводять до того, що, незважаючи на розвиток інших методів обробки металів, частка механічної обробки різанням у машинобудуванні залишається стабільною.

Для протягування ялинкового паза використовується спеціалізований інструмент – блок протяжок. Він складається з трьох елементів, розташованих у такому порядку:

- Протяжка для остаточного формування фасок.

- Протяжка калібруюча.

- Протяжка остаточна для ялинкового паза.

- Протяжки закріплюються в корпусі згідно із заданою послідовністю, а корпус встановлюється у спеціальному пристосуванні.

Проведемо розрахунок ялинкової калібруючої протяжки.

Робоча частина протяжки складається із двох секцій: 1 – ріжучої і 2 – калібруючої.

Перша секція містить у собі три елементи: ріжучу частину, перехідну і калібруючу частину, друга – ріжучу та калібруючу.

1. Назначимо припуск на протягування 0,2 мм згідно з табл. 2 [15].

2. Визначення подачі на зуб (товщини зрізу) для ріжучих зубів. Для 1-ї секції за табл. 7 [15] для ріжучих зубців приймаємо: S_{zp1} = 0,04 мм, для перехідних $S_{zп1}$ = 0,02 мм. Для 2-ї секції S_{zp2}= 0,04 мм.

Кількість ріжучих зубців в 1-й секції – 10, в 2-й секції – 12.

3. Визначаємо крок ріжучих зубців $t_{ріж.}$ =1,25$\sqrt{L}$ = 1,25$\sqrt{94}$ = 12,11 мм., де L – довжина оброблюваного пазу. Приймаємо t_1=10 мм, t_2=20 мм (за табл. 9 [15]).

4. Кількість одночасно працюючих зубів $Z_{чер}=L/t_{чер}$ = 94/10=9,4. І становить Z_{min}=9 зубів, Z_{max}=10 зубів.

5. Визначення форми й розмірів стружечної канавки.

З огляду на властивості матеріалу заготівлі, приймаємо одну форму стружечних канавок – із прямолінійною спинкою зубців. Орієнтовно розміри стружечних канавок знаходимо по наступних формулах:

h_1= (0,35–0,4)×t_1 =0,4×10=4,0 мм; h_2=0,35×20=7,0 мм;

g_1=(0,3–0,35)×t_1=0,35×10=3,5 мм; g_2=0,3×20=6,0 мм;

r_1 =(0,5–0,55) ×h_1=0,5×4,0=2 мм; r_2=0,5×7,0=3,5 мм.

Після уточнення розмірів профілю зубів по табл.9 [15] остаточно приймаємо:

h_1=4,5 мм; g_1=4,4 мм; r_1 =2 мм; $F_{к1}$=12,6 мм^2;

h_2=4,5 мм; g_2=5 мм; r_2=2 мм, $F_{к2}$=50,3 мм^2.

6. Визначення коефіцієнта заповнення стружечної канавки:

$$К = \frac{F_к}{F_c},$$

де $F_к$ – площа стружкової канавки, мм^2; $F_к$=πh^2/4; F_c – площа шару металу, що зрізає один зуб, мм^2; F_c=aL, де a=S_z

$$K_{1,2} = \frac{3,14 \cdot 4,5^2}{4 \cdot 0,04 \cdot 94} = 4,23.$$

З таблиці 11 [15] для сталі з $\sigma_{ВР}$ >600 МПа при товщині зрізу a=0,04 мм , K_{min}= 3,5. Отже, розрахунковий коефіцієнт $K_ц$ >K_{min}.

7. Визначаємо кількість і параметри перехідних зубців згідно з табл. 13 [15]. Приймаємо кількість перехідних зубців – 2. Підйом перехідних зубців:

$a_{пер}$=(0,4–0,6) $a_{ріж}$=0,4×0,08=0,03 мм.

Припуск на чистову частину на 2 сторони 0,05–0,07 мм. Число чистових груп зубців – 1. Для 2–ї секції не потрібні перехідні зубці.

8. Калібруючи частина протяжки:

Приймаємо кількість зубців $Z_{к1}$=4; $Z_{к2}$=3.

9. Геометричні параметри зубців протяжки:

За табл. 16 [15] обираємо передній кут γ=15º. За табл. 17 [15] обираємо оптимальне значення заднього кута α:

1 секція: для ріжучих зубців α=3º, для перехідних – α=2º, для калібруючих – α=1º; Для збереження розміру на калібруючи зубцях виготовляють фаску шириною *f*=0,1–0,4 мм із α=0º.

2 секція: α=2º. Граничні відхилення кутів протяжок не повинні перебільшувати таких значень: для переднього кута ±2º, для заднього кута ріжучих зубців ±30', для заднього кута перехідних та калібруючи зубців – 30'.

10. Шорсткість робочих поверхонь зубців.

Шорсткість передньої та задньої поверхонь зубців повинна бути не нижче 9-го класу шорсткості поверхні за ГОСТом 2789-73, але припускається шорсткість передньої поверхні й по 8-му класу.

11. Загальна довжина протяжки.

За табл. 18 [15] гранична довжина складає 1000 мм.

$L_{заг}=l_{р1}+l_{п1}+l_{к1}+l_{р2}+l_{к2}+l_{о}$=16×10+14×20+60=500 мм.

Отже, загальна довжина протяжки не перебільшує припустимої, тобто задовольняє вимогам жорсткості.

4.3. Контрольно-вимірювальне пристосування.

Опис пристосування для контролю перекосу паза.

Якість готової деталі залежить від точності пристосувань, які використовуються для вимірювання та контролю. Точність вимірювання визначається ступенем наближеності отриманих результатів до дійсного значення величини, що вимірюється. Похибка вимірювання – це різниця

між результатом вимірювання та реальним значенням вимірюваної величини.

Контрольний пристрій використовується для перевірки перекосу паза. Він складається з корпусу 1, на якому встановлена стійка з індикатором часового типу, що забезпечує точність вимірювання до 0,1 мм. Пристосування фіксується на деталі за допомогою п’ят 2, які спираються на дві базові поверхні деталі.

Еталон представляє зразковий профіль паза, що повинен бути отриманий після процесу протягування. Він вставляється у контрольований паз. Упор 4 має контактувати з еталоном у визначеній точці, так само як і упор індикатора, що зчитує відхилення від заданого профілю.

Розрахунок похибки вимірювання

Допустимий перекіс паза складає 0,2 мм на 100 мм.

Сумарна похибка вимірювання не повинна перебільшувати допустиму похибку:

$$\varepsilon_{доп} \leq \varepsilon_{\Sigma}.$$

Допустима похибка дорівнює половині зсуву вимірюваного пазу:

$$\varepsilon_{доп}=0{,}1 \text{ мм}.$$

Основними складовими сумарної похибки контрольно–вимірювального пристрою є: похибка вимірювання індикатору $\varepsilon_{інд}$, похибка встановлення пристосування $\varepsilon_{уст}$, похибка самого еталону $\varepsilon_{ет}$. Допуск на розмір базового упору має незначне мале значення.

Похибка індикатору складає половину точності вимірювання.

$$\varepsilon_{інд}=0{,}5\cdot 0{,}1=0{,}05 \text{ мм}.$$

Похибка встановлення пристосування можна прийняти рівною допуску базового розміру.

Таким чином, сумарна похибка складає:

$$\varepsilon_{\Sigma}=\sqrt{\varepsilon_{інд}^2+\varepsilon_{уст}^2+\varepsilon_{ет}^2}=\sqrt{0{,}05^2+0{,}02^2+0{,}02^2}=0{,}057 \text{ мм}.$$

З розрахунків бачимо, що контрольно-вимірювальне пристосування проводить вимірювання з похибкою меншою за допустиму.

5. Проектування дільниці цеху по виробництву цапфи-диска

5.1. Коротка характеристика дільниці

Проектована дільниця механічного цеху призначена для виготовлення деталі типу «цапфа-диск» обсягом 8000 штук за рік. Тип виробництва на дільниці – середньосерійний. Партія запуску складає 20 деталей. Маса деталі дорівнює 19,5 кг, коефіцієнт використання матеріалу усього 48%, що обумовлено складною конфігурацією та високими вимогами до якості поверхні деталі.

Процес виробництва проходить у двохзмінному режимі. На дільниці розташовано 11 верстатів та 1 слюсарний верстак із середнім коефіцієнтом завантаження 81,6 %. Специфіка деталі вимагає застосування досить точного обладнання та верстатів з ЧПК. На дільниці також розташовані склади заготовок та готових деталей, приміщення майстра та приміщення для контролю. Взагалі дільниця займає 342 м^2, з них виробнича площа – 295 м^2.

На дільниці зайняті 18 основних робочих із середнім розрядом 3,44, їх обслуговують 10,55 допоміжних робочих із середнім розрядом 3,54, а також 3,263 спеціалістів, 0,214 службовців і 0,098 молодшого обслуговуючого персоналу.

Вхідні дані для проектування дільниці цеху
по виробництву деталі «цапфа-диск»

1. Найменування деталі – цапфа-диск
2. Марка матеріалу – 07Х12НМБФ–Ш
3. Річна програма – 8000 шт.
4. Маса деталі – 19,5 кг
5. Маса заготовки – 40,51 кг

Таблиця 5.1.

Маршрутно-технологічний процес обробки деталі «цапфа-диск».

№ операції	Найменування операції	Модель устаткування	Розряд робіт	$T_{шт.}$, хв	$T_{пз.}$, хв
010	Токарська	16К20	3	13,07	16
015	Токарська	16К20	3	9,49	16
025	Токарська з ЧПУ	16К20Ф3	3	46,43	10,3
030	Токарська з ЧПУ	16К20Ф3	3	19,04	10,3
035	Токарська з ЧПУ	16К20Ф3	3	35,77	10,3
040	Токарська з ЧПУ	16К20Ф3	3	12,2	10,3
045	Радіально-свердлильна	2А53	4	4,06	13
050	Протяжна	7Б55	4	27,85	10
055	Слюсарна	верстак	3	6,32	
065	Радіально-свердлильна	2А53	4	10,7	13
070	Радіально-свердлильна	2А53	4	5,24	13
075	Свердлильно-фрезерна з ЧПУ	2254ВМФ4	4	5,11	12
085	Токарська з ЧПУ	16К20Ф3	3	15,41	10,3
090	Зубодовбальна	5М14	4	28,37	26
100	Токарська з ЧПУ	16К20Ф3	3	19,61	10,3
Разом:				258,67	181

5.2. Визначення партії запуску деталей.

Партія запуску – це кількість деталей, що знаходяться в процесі обробки одночасно.

Мінімальний розмір партії деталей визначається за формулою:

$$n_{\min} = \frac{\sum T_{п.з.}}{\sum T_{шт.} \cdot \alpha},$$

де $\sum T_{п.з.}$ – сума підготовчо-заключного часу по всіх операціях, хв.; $\sum T_{шт}$ –сума штучного часу по всіх операціях, хв.; α – коефіцієнт, що враховує допустиме співвідношення підготовчо-заключного і штучного часу, $\alpha = 0{,}03...0{,}07$.

Отримуємо:

$$n_{min} = \frac{181}{295{,}21 \cdot 0{,}05} = 12{,}3 \text{ шт.}$$

Розрахункову величину мінімального розміру партії деталей корегуємо, ураховуючи такі виробничі умови:

1. Рекомендується, щоб розмір партії запуску забезпечував загрузку робочих місць протягом цілого числа змін.

2. Бажано, щоб розмір партії деталей забезпечував таку періодичність повторення їх запуску у виробництво, яка кратна кількості робочих днів в плановому періоді.

3. Розмір партії повинен бути кратним річній програмі випуску деталей.

Тому приймаємо розмір партії запуску деталей n = 20 шт.

Кількість запусків визначаємо по формулі: $k = \frac{N}{n}$,

де N – річна програма, шт.; n – розмір партії деталей, шт.

$$k = \frac{8000}{20} = 400 \text{ разів.}$$

5.3. Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціях.

Розрахунок штучно-калькуляційного часу проводиться для визначення річної трудомісткості кожної операції, потрібної кількості обладнання, розрахунку чисельності основних робітників, а також нарахування їхньої заробітної плати.

Штучно-калькуляційний час обчислюється по формулі:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}.$$

Для операції токарної 010:

$$T_{шт.к.} = 13{,}07 + \frac{16}{20} = 13{,}87\,хв = 0{,}231 год.$$

Результати розрахунків зносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2.

Розрахунок штучно-калькуляційного часу на виготовлення деталі “цапфа-диск”

№	Найменування операції	$T_{шт.}$, хв	$T_{пз.}$, хв	n, шт.	$T_{шт.к}$	
					хв	год
010	Токарська	13,07	16	20	13,87	0,231
015	Токарська	9,49	16		10,29	0,172
025	Токарська з ЧПУ	46,43	10,3		46,95	0,782
030	Токарська з ЧПУ	19,04	10,3		19,56	0,326
035	Токарська з ЧПУ	35,77	10,3		36,29	0,605
040	Токарська з ЧПУ	12,2	10,3		12,72	0,212
045	Радіально-свердлильна	4,06	13		4,71	0,079
050	Протяжна	27,85	10		28,35	0,473
055	Слюсарна	2,64			2,64	0,044
065	Радіально-свердлильна	10,7	13		11,35	0,189
070	Радіально-свердлильна	5,24	13		5,89	0,098
075	ЧПУ	5,11	12		5,71	0,095
080	Слюсарна	2,08			2,08	0,035
085	Токарська з ЧПУ	15,41	10,3		15,93	0,265
090	Зубодовбальна	28,37	26		29,67	0,495
095	Слюсарна	1,6			1,60	0,027
100	Токарська з ЧПУ	19,61	10,3		20,13	0,335
	Всього	258,67	181		267,71	4,462

5.4 Визначення фонду часу роботи обладнання

Календарний фонд часу роботи устаткування обчислюється множенням числа календарних днів (D) у розрахунковому періоді на число годин у добу:

$$\Phi_к = D \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760\, год.$$

Номінальний фонд часу роботи устаткування – кількість робочих днів у році відповідно до прийнятого режиму роботи без обліку планових втрат часу на ремонт обладнання:

$$\Phi_н = D_р \cdot T_{см} \cdot h - 1 \cdot D_{пр} = 251 \cdot 2 \cdot 8 - 1 \cdot 4 = 4012\, год,$$

де $D_р$ – кількість робочих днів за рік; $T_{см}$ – тривалість зміни, год; h – кількість змін; $D_{пр}$ – кількість передсвяткових днів.

Ефективний фонд часу роботи обладнання дорівнює номінальному, зменшеному на час перебування верстатів у ремонті, що враховується коефіцієнтом β ($\beta = 0{,}019$):

$$\Phi_{еф} = \Phi_{н}(1-\beta) = 4012(1-0{,}019) = 3250\ год.$$

Для верстатів, що використовуються на проектованій дільниці, ефективний фонд часу при двозмінному режимі роботи обладнання вибирається по нормативах: – металорізальні верстати – 4060 год;

− металорізальні верстати з ЧПК – 3935 год.

5.5. Розрахунок потрібної кількості устаткування і його завантаження

Основне виробниче обладнання механічного цеху включає технічні засоби, що виконують операції з обробки деталей та зборки вузлів. В цьому випадку йдеться про металорізальні верстати. При розробці технічного проекту для серійного виробництва визначення необхідної кількості обладнання здійснюється за допомогою точних розрахунків. Для цього використовуються підрахунки річної трудомісткості обробки всіх деталей, які планується обробляти на конкретному типі верстатів, а також враховується фактичний фонд часу роботи обладнання.

Потрібна кількість обладнання визначається за формулою:

$$C_{рі} = \frac{ТН_{і}}{\Phi_{еф} \cdot К_{вн}},$$

де $\Phi_{еф}$ – ефективний річний фонд часу роботи обладнання, ст.-год; $К_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм часу; $ТН_{і}$ – річна трудомісткість виготовлення деталі на і-тому обладнанні, н-год.

$$ТН_{і} = Т_{шт-к\,і} \cdot N,$$

де $Т_{тт-к\,і}$ – сумарний штучно-калькуляційний час обробки однієї деталі на і-тому типі обладнання, год; N – річний обсяг випуску деталей, шт.

Коефіцієнт завантаження і-того типу устаткування являє собою відношення розрахункового числа одиниць до прийнятого:

$$К_{зі} = \frac{С_{р.}}{С_{пр}}.$$

Наприклад, для операції токарної на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20:

$$ТН = 0{,}403 \cdot 8000 = 3224 \text{ н.-год.};$$

$$С_{р} = \frac{3224}{4060 \cdot 1{,}1} = 0{,}73 \text{ шт.};$$

Приймаємо $С_{пр}$=1 верстат.

$$К_{з} = \frac{0{,}73}{1} = 0{,}73.$$

Довантажимо верстат до 85%. Тоді річний обсяг робіт на цьому верстаті:

$$ТН = Ф_{еф} \cdot С_{пр} \cdot К_{вн} = 4060 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}1 = 3796 \text{ н.-год.}$$

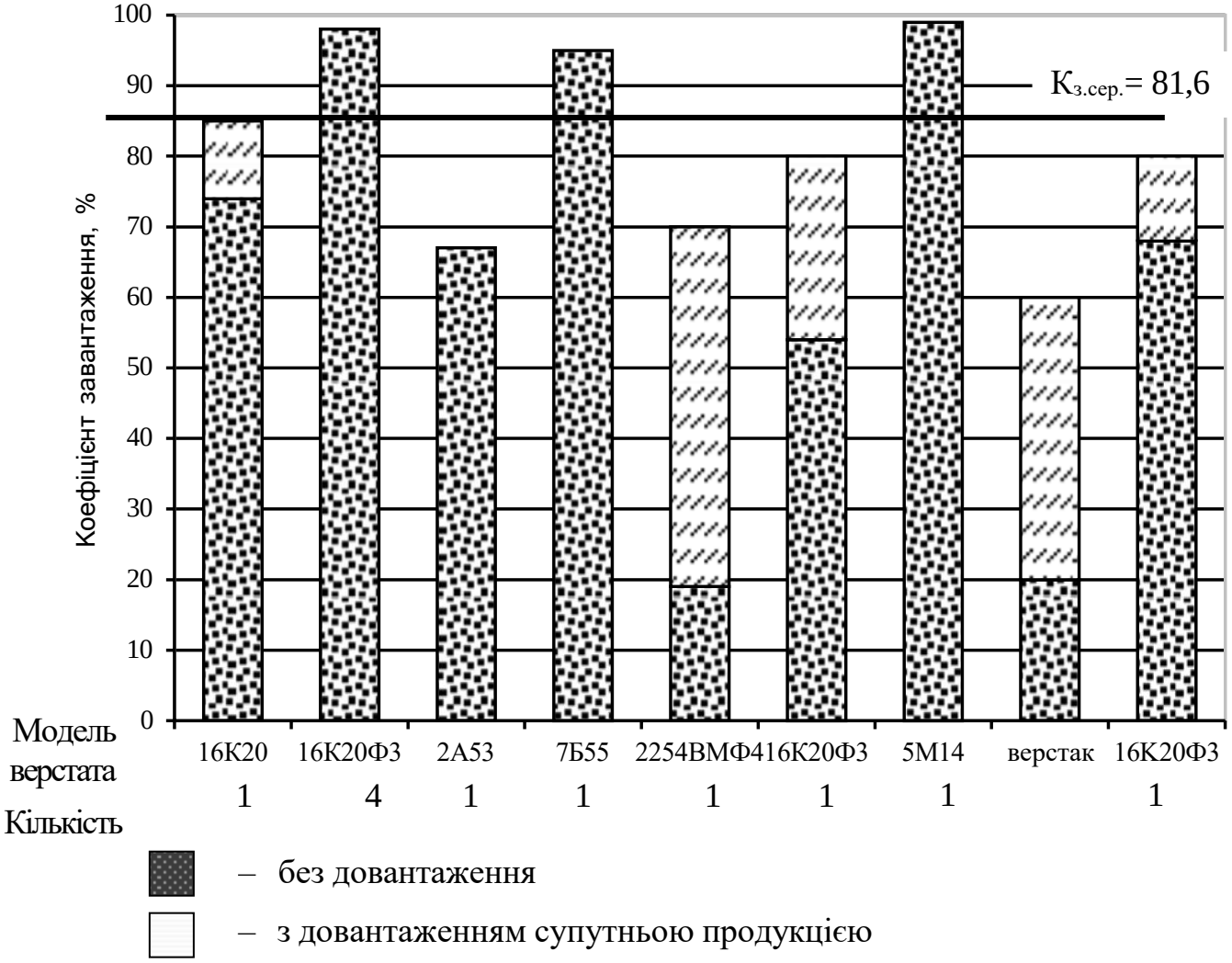
А довантаження складе: $Т_{дов.} = 3759 - 3224 = 535$ н.-год.

Розрахунок потрібної кількості обладнання і коефіцієнтів завантаження обладнання по типах виконуються в табличній формі (табл. 5.3).

5.6. Складання графіка завантаження обладнання.

На основі проведених розрахунків побудуємо графік завантаження обладнання, в якому на вісі абсцис вказано вид обладнання та його кількість, а на вісі ординат – коефіцієнт завантаження обладнання з урахуванням його довантаження.

Графік завантаження обладнання.



5.7. Складання зведеної відомості обладнання. Визначення ремонтної складності обладнання.

Для визначення вартості основного обладнання на дільниці складаємо кошторис витрат (табл. 5.4.). Вартість обладнання визначаться за затвердженим прейскурантом з додаванням витрат на його транспортування та монтаж, які складають 6–9% він ціни на обладнання.

5.8. Розрахунок основних і допоміжних площ дільниці. Визначення виробничої площі

Виробнича площа – це площа відділень та ділянок, що безпосередньо призначена для виконання технологічного процесу. До її складу входить територія цеху, де розташовано основне виробниче обладнання, необхідне оснащення, робочі місця, стенди, наземні засоби транспортування, а також місця для майстра та контролера ВТК, проходи та проїзди між верстатами, за винятком магістралей і пожежних проїздів.

Попереднє визначення виробничої площі цеху здійснюється шляхом розрахунку питомих площ для кожної групи обладнання. Розрахунок проводиться за допомогою формули:

$$F_{вир} = \sum_{i=1}^{n} F_{питі} \cdot C_i$$

де $F_{питі}$ – середня питома площа для розміщення одного верстата і-ої групи, м^2; (для дрібних верстатів $F_{пит}$=15 м^2; для середніх $F_{пит}$=16…25 м^2; для великих $F_{пит}$=26…45 м^2, для верстаків $F_{пит}$=10 м^2); C_i – кількість верстатів і-ої групи встаткування.

$$F_{вир} = (15 \cdot 3 + 25 \cdot 6 + 45 \cdot 2 + 10 \cdot 1) = 295 \text{ м}^2.$$

Визначення допоміжної площі.

На *допоміжних площах* розміщаються склади заготівок і деталей, ремонтні відділення, інструментально-роздавальні склади із заточувальними відділеннями,

майстерні енергетика й механіка, склади допоміжних матеріалів, магістральні й пожежні проїзди.

Площа складу готових деталей розраховується за формулою:

$$F_{СГД} = \frac{N \cdot G \cdot t_{сер}}{Ф \cdot q \cdot k_{в}},$$

де N – річний обсяг випуску деталей, шт.; G – вага деталі, кг; $t_{сер}$ – норматив зберігання запасів, залежить від виду виробництва; приймаємо $t_{сер}$= 5 днів; Ф – число календарних днів у році; q – вантажопідйомність підлоги, q = 0,7…1,5 т/м^2; $k_в$ – коефіцієнт використання площі складу залежно від виду транспорту, $k_в$ = 0,3.

$$F_{СГД} = \frac{8000 \cdot 19{,}5 \cdot 5}{365 \cdot 1000 \cdot 0{,}3} = 7{,}12 \text{ м}^2.$$

1. Площа складу заготовок розраховується аналогічно:

$$F_{ск} = \frac{N \cdot G \cdot t_{сер}}{Ф \cdot q \cdot k_{в} \cdot k_{вм}},$$

де $k_{вм}$ – коефіцієнт використання матеріалу.

$$F_{ск.} = \frac{8000 \cdot 19{,}5 \cdot 5}{365 \cdot 1000 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}48} = 14{,}84 \text{ м}^2.$$

2. Площа заготівельного відділення:

$$F_{заг} = q_{заг} \cdot K_{заг},$$

де $q_{заг}$ – питома площа на один верстат у заготівельному відділенні ($q_{заг}$=25…30 м^2); $K_{заг}$ – кількість відділень обладнання у заготівельному відділенні:

$$K_{заг} = 0{,}05 \cdot C_{пр} = 0{,}05 \cdot 12 = 0{,}6 \text{ м}_2$$

де $C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів.

$$F_{заг} = 25 \cdot 0{,}6 = 15 \text{ м}^2.$$

3. Площа заточувального відділення:

$$F_{зат} = q_{зат} \cdot K_{зат}$$

де $q_{заг}$ – питома площа на один верстат у заточувальному відділенні ($q_{зат}$ = 12…15 м^2); $K_{заг}$ – кількість відділень обладнання у заготівельному відділенні:

$$K_{зат} = 0{,}05 \cdot C_{пр} = 0{,}05 \cdot 12 = 0{,}6 \text{ м}_2$$

$$F_{зат} = 12 \cdot 0{,}6 = 7{,}2 \text{ м}^2.$$

4. Площа контрольного відділення приймається 3–5% від площі виробничої:

$$F_{контр} = 0{,}05 \cdot 295 = 14{,}75 \text{ м}^2.$$

5. Площа ремонтного відділення:

$$F_{рем} = q_{рем} \cdot K_{рем}$$

де $q_{рем}$ – питома площа на один верстат у ремонтному відділенні ($q_{рем}$ = 30…35 м^2); $K_{рем}$ – кількість відділень обладнання у ремонтному відділенні:

$$K_{рем} = 0{,}07 \cdot (C_{пр} + K_{заг} + K_{зат}) = 0{,}07 \cdot (12 + 0{,}6 + 0{,}6) = 0{,}92 \text{ м}_2$$

$$F_{рем} = 30 \cdot 0{,}92 = 27{,}6 \text{ м}_2.$$

6. Кабінет енергетика цеха:

$$F_{ен.} = 0{,}2 \cdot F_{рем} = 0{,}2 \cdot 27{,}6 = 5{,}52 \text{ м}^2.$$

7. Відділення для приготування і роздачі ЗОР:

$$F_{ЗОР} = q_{ЗОР} \cdot C_{пр},$$

де $q_{ЗОР}$ – питома площа на один верстат у відділенні ЗОР ($q_{ЗОР}$ = 0,3…0,5 м^2).

$$F_{ЗОР} = 0{,}4 \cdot 12 = 4{,}8 \text{ м}^2.$$

8. Площа проміжного складу й міжопераційних площадок:

$$F_{пр} = 0{,}1 \cdot F_{вир} = 0{,}1 \cdot 295 = 29{,}5 \text{ м}^2.$$

9. Склади інструментів і пристосувань:

$$F_{ін.пр.} = q_{ін.пр.} \cdot (C_{пр} + K_{заг} + K_{зат} + K_{рем}),$$

де $q_{ін.пр.}$ – середня питома площа складських приміщень ($q_{ін.пр.}$ = 0,4 м^2);

$$F_{ін.пр.} = 0{,}4 \cdot (12 + 0{,}6 + 0{,}6 + 0{,}92) = 5{,}65 \text{ м}^2.$$

10. Склад масел дорівнює 15 м^2.

Загальна площа допоміжних відділень становить:

$$F_{доп} = F_{СГД} + F_{ск} + F_{заг} + F_{зат} + F_{контр} + F_{рем} + F_{ен} + F_{ЗОР} + F_{ін.пр.} =$$
$$= 7{,}12 + 14{,}84 + 15 + 7{,}2 + 14{,}75 + 27{,}6 + 5{,}52 + 4{,}8 + 29{,}5 + 5{,}65 = 131{,}98 \text{м}^2.$$

Виробнича площа дільниці уточнюється на основі планування дільниці.

Визначення площі побутових і службових приміщень.

Площі службово-побутових приміщень визначаються згідно БНіП. У побутові приміщення входять гардеробні, умивальники, курильні, душові, кімната прийому їжі, кімнати особистої гігієни. При укрупнених розрахунках площа службово-побутових приміщень приймається 15-20% від виробничих площ і вона становить:

$$F_{поб} = 0{,}2 \cdot F_{вир} = 0{,}2 \cdot 295 = 59 \text{ м}^2.$$

5.9. Розрахунок висоти цеху

Висота цеху розраховується виходячи з висоти найбільш високого верстата, розмірів і конструкції кранів, а також санітарно-гігієнічних вимог.

Загальна висота будинку від підлоги до нижньої виступаючої частини верхнього перекриття дорівнює:

$$H = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6,$$

де k_1 – висота найбільш високого верстата, м; k_2 – відстань безпеки між верстатом і вантажем (0,5–1 м); k_3 – висота вантажу або контейнера з деталями, м; k_4 – довжина стропів, м; k_5 – мінімальна відстань від гака до рейки, м; k_6 –відстань від головки рейки до нижньої частини верхнього перекриття, м.

$$H = 3{,}8 + 0{,}5 + 0{,}5 + 1{,}0 + 0{,}5 + 0{,}7 = 7{,}0 \text{ м}.$$

Приймаємо найближче більше стандартне значення H = 7,2 м.

5.10. Визначення виду й параметрів вантажопідйомного устаткування дільниці, виду наземного транспорту.

Весь транспорт на заводі поділяється на загальнозаводський і внутрішньоцеховий. Внутрішньоцеховий транспорт може бути безперервної та перериваної дії. До транспортних засобів безперервної дії відносяться конвеєри,

рольганги та транспортери, а до перерваного — електро- і автонавантажувачі, а також кранове обладнання.

Вибір транспортних засобів залежить від безперервності вантажопотоку, ваги, форми і габаритів вантажів, що переміщуються. Тип транспортного засобу (ПТО) повинен відповідати характеристикам переміщуваних вантажів, технологічному процесу, виду товару, а також забезпечувати необхідну продуктивність при мінімальному числі обслуговуючого персонал

Наприклад, якщо партія запуску деталей важить 40,1 × 20 = 802 кг, для переміщення заготовок від верстата до верстата доцільно вибрати кран-балку з наземним керуванням вантажопідйомністю 1 т.

Для транспортування деталей на ділянку можна використовувати електрокари, що є оптимальним засобом для переміщення деталей та заготовок у спеціальній тарі.

5.11. Визначення характеру й кількості утвореної стружки, заходу щодо її збирання.

Визначаємо масу стружки, що буде утворюватися на ділянці:

$$m_{стр} = (m_{заг} – m_{дет})\cdot n = (40,5–19,5)\cdot 20 = 420 \text{ кг}.$$

Оскільки маса стружки за зміну перевищує 200 кг, то стружку з ділянки необхідно видаляти механізованим способом. При обробці цапфи-диску утворюється стружка спіральної форми. У такому випадку доцільно застосовувати шнековий конвеєр, причому стружкозбиральна лінія повинна проходити повз перші операції, на яких знімається основна частина припуску, – токарської чорнової й токарської напівчистової.

5.12. Розробка планування дільниці.

При розміщенні верстатів на ділянці необхідно передбачати найкоротші шляхи руху оброблюваних деталей, виключати зустрічні потоки перевезень. На даній ділянці верстати розташовані послідовно за ходом техпроцесу.

Основні параметри проектованої дільниці цеху.

Довжина дільниці складає 19 м, ширина прольоту – 18 м, крок колон – 6 м, ширина проїзду – 2,4 м.

Фундамент будинку цеху – залізобетонний, на нього опираються колони, вони залізобетонні, й фундаментальні балки. Вид покриття підлоги вибирається залежно від характеру впливу на підлогу або спеціальних вимог до нього. Вибираємо бетонну підлогу, у неї мала запиленість і вона легко очищується.

За планом загальна площа дільниці, включаючи склади заготовок та деталей, місце майстра та ВТК, складає:

$$F_{заг}=342 \text{ м}^2.$$

За розрахунком загальна площа дільниці складає:

$$F_{заг} = F_{вир} + F_{СГД} + F_{ск} + F_{ВТК\ і\ майстр} = 295 + 7,5 + 15 + 18 = 335,5 \text{м}^2.$$

Визначимо похибку розрахунку площі:

$$\Delta = \frac{F_{заг}^{пл} - F_{заг}^{розр}}{F_{заг}^{пл}} = \frac{342 - 335,5}{342} = 0,02$$

Отже, похибка дорівнює 2 %.

5.13. Розрахунок чисельності працюючих на дільниці.

Розрахунок кількості основних виробничих робочих

Кількість основних виробничих робочих для кожної професії визначається за формулою:

$$К_р = \frac{Т_н}{Ф_{еф} \times К_{ВН} \times К_{б.в.}},$$

де $Т_н$ – річна трудомісткість робіт із довантаженням за видами обробки, н.-год.; $Ф_{еф}$ – ефективний річний фонд часу, год; $К_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм часу робочих кожної професії; $К_{б.в.}$ – коефіцієнт багатоверстатності.

Результати розрахунків зводимо в табл. 5.5.

Таблиця 5.5.

Розрахунок потрібної кількості основних виробничих робочих.

Професія	Розряд робіт	Річна трудомісткість, н.-год.	Ефективний фонд часу $Ф_{еф}$, год	Коефіцієнт виконання норм	Коефіцієнт багатоверстатності	Кількість робітників	
						розрахункова	прийнята
Токар	3	3691	1820	1,1	1	1,84	2
Оператор верстатів з ЧПК	3	21696		1	2	5,96	6
Свердлувальник	4	2928		1,1	1	1,46	2
Протяжник	4	3784		1,05	1	1,98	2
Оператор верстатів з ЧПК	4	2755		1	1	1,51	2
Зубодовбальник	4	3960		1,1	1	1,98	2
Слюсар	3	2606		1,1	1	1,30	2
Всього:		**41420**					**18**

Середній розряд основних робочих на дільниці становить:

$$R_{сер} = \frac{\Sigma R_p P_o}{\Sigma P_o} = \frac{3 \cdot 10 + 4 \cdot 8}{18} = 3{,}44,$$

де R_p – тарифний розряд робочих; P_o – кількість основних робочих даного розряду.

Розрахунок кількості допоміжних робочих.

Допоміжні робочі – це працівники, які обслуговують основне виробництво (наладники, комірники та роздавачі інструментів, слюсарі для ремонту верстатів та оснастки, електромонтери, контролери та інші).

Чисельність допоміжних робочих визначається відповідно до нормативів обслуговування. Розрахунок необхідної кількості допоміжних робочих наведено у табл. 5.6.

Таблиця 5.6.

Розрахунок потрібної кількості допоміжних робочих.

Професія	Норма обслуговування	Кількість обслуг. агрегатів, осн. робочих, ремонтних одиниць	Кількість допоміжних робочих	Розряд	Режим роботи, змін	Необхідна кількість робочих, осіб	Годинна тарифна ставка, грн.
Наладник верстатів з ЧПК	5 верстатів	7	1,4	5	2	2,80	8,172
Верстатник з ремонту обладнання	1 на 12 осн. роб.	18	1,5	3		3,00	6,49
Слюсар з ремонту обладнання	500 р.о.	175	0,35	3		0,70	6,49
Слюсар з ремонту електрообладнання	1050 р.о.	212	0,20	3		0,40	6,49
Мастильник	1000 р.о.	175	0,17	2		0,33	5,288
Контролер	7-9% кіл. верст.	12	0,84	4		1,68	7,211
Комірник	55-65 верст.	12	0,18	3		0,37	6,49
Транспортний робочий	35 робочих	18	0,51	2		1,03	5,288
Прибиральник виробничих приміщень	2500 м^2	295	0,12	2		0,24	5,288
Всього:						**10,55**	

Середній розряд допоміжних робочих на дільниці становить:

$$R_{сер} = \frac{5 \cdot 2{,}80 + 4 \cdot 1{,}68 + 3 \cdot (3 + 0{,}70 + 0{,}40 + 0{,}37) + 2 \cdot (0{,}33 + 1{,}03 + 0{,}24)}{10{,}55} = 3{,}54$$

Розрахунок чисельності фахівців, службовців і МОП.

Чисельність керівних робітників, спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу розраховується методом структури кадрів, при чому ця категорія працюючих становить 15–20% від прийнятої кількості основних та допоміжних робочих або встановлюється за нормами обслуговування. Результати розрахунку зводяться в табл. 5.7.

Таблиця 5.7.

Розрахунок кількості спеціалістів, службовців і МОП.

Посада	Норма обслуговування	Кількість робочих, яких обслуговують	Необхідна кількість працюючих	Посадовий оклад, грн.
	осіб			
І Спеціалісті:				
Майстер	1 на зміну	-	2,0	1500
Інженер-технолог	1 на ділянку	-	1,0	1500
Інженер-нормувальник	1 на 100-150 осн. роб.	18	0,120	1300
Інженер-планувальник	1 на 200-450 робочих	28,550	0,071	1500
Економіст	1 на 200-450 робочих	28,550	0,071	1200
Всього:			3,263	
ІІ Службовці:				
Бухгалтер	1 на 200-450 робочих	28,550	0,071	1200
Табельник	1 на 200-450 робочих	28,550	0,071	700
Нарядник-обліковець	1 на 200-450 робочих	28,550	0,071	700
Всього:			0,214	
ІІІ МОП:				
Прибиральник побутових приміщень	1 на 500-600 м^2	59	0,098	600
Всього:			0,098	
Разом:			**3,575**	

Зведена відомість працюючих на дільниці.

Загальна кількість працюючих та їх структура у % зведені у табл. 5.8.

Таблиця 5.8.

Зведена відомість працюючих на дільниці.

Категорія працюючих	Кількість працюючих, осіб	Структура у %
1	2	3
Основні виробничі робочі	18	58,0
Допоміжні робочі	8,19	26,4
Спеціалісти	4,22	13,6
Службовці	0,35	1,1
МОП	0,25	0,8
Разом:	**31,01**	**100,0**

5.14. Визначення обсягу капітальних вкладень у дільницю Механічного цеху по виготовленню деталі типу «цапфа-диск»

Таблиця 5.9.

Визначення величини капітальних вкладень та їх структури

Група основних фондів		Значення	Вартість основних фондів, тис. грн.	Структура, %	Примітки
I	Будівлі виробничого призначення	295 м^2	112,100	7,8	380 грн./м^2
	Будівлі побутового призначеня	59 м^2	18,290	1,3	310 грн./м^2
	Силові машини та електрообладнання	104,1 кВт	49,968	3,5	480 грн./кВт
II	Транспорт та ЕВМ	1070,4 тис.грн.	160,560	11,2	15% від вартості обладнання
	Виробничий інвентар	18	3,780	0,3	210 грн. на 1 вироб. робочого
III	Робочі машини та обладнання	1070,4 тис.грн.	1070,400	74,6	За зведеною відомістю
	Інструмент та прилади	1070,4 тис.грн.	16,056	1,1	1,5% від робочих машин та обладнання
	Вимірювальні прилади	12	3,840	0,3	320 грн. на 1 верстат
	Разом:		**1434,994**	**100,0**	

6. Організаційно-економічна частина.

На підставі розрахунків, зроблених у розділі "Проектування дільниці механічного цеху" визначаємо основні техніко-економічні показники роботи виробничої дільниці механічного цеху.

6.1 РОЗРАХУНОК РІЧНОГО ФОНДУ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ РОБОЧИХ ДІЛЬНИЦІ.

Фонд заробітної плати на дільниці складається з двох основних частин:

- Фонд основної заробітної плати працюючих.
- Фонд додаткової заробітної плати працюючих.

До основної заробітної плати відносяться витрати на виплату основної заробітної плати, яка нараховується згідно з прийнятими системами оплати праці, зокрема у вигляді тарифних ставок, окладів та відрядних розцінок. Також сюди включаються виплати за планований обсяг відповідних видів продукції.

Річний фонд основної заробітної плати основних робітників визначається наступним чином:

Для робітників-відрядників: враховується кількість відпрацьованих годин або виконаних нормо-годин, а також відрядні розцінки, які встановлюються відповідно до виробничих потреб та специфіки роботи.

$$ЗП_{осн.\ відр.} = \sum_{i=1}^{m} C_{ч\,i} \times T_н \qquad або \qquad ЗП_{осн.відр.} = \sum_{i=1}^{m} P_i \times A_i ,$$

де P_i – відрядна розцінка за обробку і-ї деталі, грн/шт.; $C_{чі}$ – годинна тарифна ставка робочого, грн; $T_н$ – трудомісткість річної програми, н-год; A_i – річна програма і-го виробу, шт.; m – номенклатура деталей.

– для робочих-погодинників

$$ЗП_{тар.погод.} = \sum_{i=1}^{m} C_{ч\,i} \times K_р \times Ф_{еф} ,$$

де $K_р$ – кількість робочих-погодинників, осіб; $Ф_{еф}$ – ефективний річний фонд часу одного робочого, год.

Річний фонд основної заробітної плати допоміжних робочих розраховується аналогічно $ЗП_{осн.\ погод.}$

$$ЗП_{осн.} = \sum_{i=1}^{m} С_{ч\,i} \times К_{р} \times Ф_{еф}$$

Основний фонд заробітної плати фахівців, рахунково-конторського та молодшого обслуговуючого персоналу визначається відповідно до штатного розкладу цеху та чинних систем посадових окладів.

До додаткової заробітної плати відносяться витрати на виплату виробничому персоналу цеху винагороди, нарахованої за роботу понад встановлену норму, за трудові досягнення, винахідливість та виконання обов'язків у особливих умовах праці. Вона також включає доплати, надбавки, гарантійні виплати та компенсації, передбачені законодавством.

Сума додаткової заробітної плати визначається шляхом множення суми основної заробітної плати на середні норми додаткової заробітної плати для відповідних категорій працівників.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ФОНДУ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ РОБОЧИХ.

Розрахуємо основний фонд заробітної плати основних виробничих робочих, наприклад, на токарній операції (розряд 3):

на одиницю продукції – ЗП = 0,403×7,685 = 3,097 грн.

на програму – ЗП = 3691×7,685 = 28365,34 грн.

Аналогічно робимо розрахунки основної заробітної плати основних робочих на інших операціях. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1.

Розрахунок основного фонду заробітної плати основних виробничих робочих.

Найменування технологічних операцій	Розряд робіт	Тарифна заробітна плата за одиницю продукції			Тарифна заробітна плата на програму з урахуванням супутньої продукції		
		Норма часу, $T_{шт.-к.}$, н.-год.	Годинна тарифна ставка, грн.	Сума, грн.	Трудомісткість річної програми, н.-год.	Годинна тарифна ставка, грн.	Сума, грн.
Токарна	3	0,403	7,685	3,097	3691	7,685	28365,34
Токарна з ЧПК	3	2,525	7,685	19,405	21696	7,685	166733,76
Свердлильна	4	0,366	8,539	3,125	2928	8,539	25002,19
Протяжна	4	0,473	8,539	4,039	3784	8,539	32311,58
Свердлильна з ЧПК	4	0,095	8,539	0,811	2755	8,539	23524,95
Зубодовбальна	4	0,495	8,539	4,227	3960	8,539	33814,44
Слюсарна	3	0,106	7,685	0,815	2606	7,685	20027,11
Разом:		**4,463**		**35,519**	**41420**		**329779,36**

РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО ФОНДУ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ ДОПОМІЖНИХ РОБОЧИХ.

Річний фонд заробітної плати допоміжного робочого, наприклад мастильника, визначається за такою формулою:

$$ЗП_{осн.погод.} = 0,33 \times 5,288 \times 1820 = 3175,97 \text{ грн.}$$

Аналогічно робимо розрахунки для допоміжних робочих інших професій. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2.

Розрахунок тарифного фонду заробітної плати допоміжних робочих.

Професія	Розряд	Кіль-кість, осіб	Годинна тарифна ставка, грн.	Ефектив-ний річний фонд часу, год.	Тарифна заробітна плата, грн.
Наладник верстатів з ЧПК	5	2,8	81,72	1820	416445,12
Верстатник з ремонту обладнання	3	3,00	64,9	1820	354354,00
Слюсар з ремонту обладнання	3	0,70	64,9	1820	82682,60
Слюсар з ремонту електрообладнання	3	0,40	64,9	1820	47247,20
Мастильник	2	0,33	52,88	1820	31759,73
Контролер	4	1,68	72,11	1820	220483,54
Комірник	3	0,37	64,9	1820	43703,66
Транспортний робочий	2	1,03	52,88	1820	99128,85
Прибиральник виробничих приміщень	2	0,24	52,88	1820	23097,98
Разом:		**10,55**			**1318902,68**

РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО ФОНДУ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ СПЕЦІАЛІСТІВ, СЛУЖБОВЦІВ І МОЛОДШОГО ОБСЛУГОВУЮЧОГО ПЕРСОНАЛУ.

Заробітна плата розраховується, на основі штатного розкладу цеху й діючої системи посадових окладів. Розрахунок зводиться в таблицю 6.3.

Річний фонд заробітної плати спеціалістів, службовців і МОП:

$$З_{осн.сл.} = К_{сл.і} \times О_{м.\,і} \times М,$$

де $К_{сл.і}$ – кількість службовців і-ї групи; $О_{м.і}$ – місячний оклад, грн; М – число місяців роботи за рік.

Таблиця 6.3.

Розрахунок основного фонду заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу.

Найменування посади	Кількість штатних працівників	Посадовий оклад, грн.	Кількість місяців роботи	Величина основного фонду заробітної плати
І Спеціалісті:				
Майстер	2	15000	11	330000
Інженер-технолог	1	15000	11	165000
Інженер-нормувальник	0,120	13000	11	17160
Інженер-планувальник	0,071	15000	11	11715
Економіст	0,071	12000	11	9372
Разом:	3,262			533247
ІІ Службовці:				
Бухгалтер	0,071	12000	11	9372
Табельник	0,071	7000	11,2	5566,4
Нарядник - обліковець	0,071	7000	11,2	5566,4
Разом:	0,213			20504,8
ІІІ МОП:				
Прибиральник побутових приміщень	0,098	6000	11,2	6585,6
Разом:	0,098			6585,6
Всього:	**3,573**			**560337,4**

ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОРІЧНОЇ Й СЕРЕДНЬОМІСЯЧНОЇ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ ПРАЦЮЮЧИХ НА ДІЛЬНИЦІ.

При розрахунку додаткової заробітної плати застосовується формула:

$$З_{дод.і} = \frac{З_{осн} \cdot Н_{ді}}{100},$$

де $Н_{д\,і}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати *і*-ї групи, %

Середньорічна заробітна плата одного працюючі:

$$З_{серi} = \frac{З_{осн} + З_{доп}}{К_i},$$

де $К_і$ – кількість працюючих *і*-ї групи.

Середньомісячна заробітна плата одного працюючого *і*-ї групи:

$$З_{сер.м.і} = \frac{З_{сер.і}}{12}$$

Розрахунок середньорічної й середньомісячної заробітної плати працюючих дільниці наведений у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4.

Зведена відомість річного фонду заробітної плати працюючих на дільниці

Категорія працюючих	Кількість працюючих, осіб	Річний фонд заробітної плати			Усього основна зарплата, грн.	Зарплата одного працюючого, грн.	
		тарифна з урахуванням доплат	додаткова			середньорічна	середньомісячна
			%	грн.			
Основні виробничі робочі	18	3297793,60	35	1154227,76	4452021,36	247334,52	20611,21
Допоміжні робочі	10,55	1318902,70	25	329725,68	1648628,38	156268,09	13022,34
Спеціалісти	3,262	533247,00	30	159974,10	693221,10	212514,13	17709,51
Службовці	0,213	20504,80	20	4100,96	24605,76	115520,00	9626,67
МОП	0,098	6585,60	18	1185,41	7771,01	79296,00	6608,00
Разом:	**32,123**	**5177033,7**		**1649213,90**	**6826247,6**	**212503,43**	**17708,62**

2.1. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА УТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЮ УСТАТКУВАННЯ.

Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування наведено в таблиці 6.5. Для включення витрат на утримання й експлуатацію устаткування в собівартість одиниці продукції визначимо % $В_{уеу}$ за формулою:

$$\% \, В_{уеу} = \frac{\sum В_{уеу}}{\sum ЗП_{осн}} \times 100\%,$$

де $\sum ЗП_{осн}$ – фонд основної заробітної плати основних робочих (результат таблиці 6.1.). $\%\ В_{уеу} = \frac{533110,64}{329779,36} \times 100\ \% = 161,66\ \%$.

Таблиця 6.5.

Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію устаткування.

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
		– для зубодовбальних – 0,02 кг. $С_{пр}$ – прийнята кількість верстатів даної групи; R = 175 – кількість одиниць ремонтної складності; $К_{зм}$= 2 – коефіцієнт змінності; $Ц_м$ = – вартість одиниці мастильно-обтиральних матеріалів, грн; $Д_р$ = 251 – кількість робочих днів у році. М = (7×0,015+1×0,025+1×0,025+1×0,02+1×0,02)× ×175×2×1,05×251 = 17987,29 грн.	17987,29
	Заробітна плата	Витрати на оплату праці робітників, що обслуговують устаткування (наладники, мастильники) визначають: а) основна заробітна плата: $ЗП_{тар.погод} = С_{ті} \times К_р \times Ф_{еф.}$ $ЗП_{тар.погод}$ = (8,172×2,8+5,288×0,33)×1820 = 44817,5 грн. б) додаткова заробітна плата: $ЗП_{доп.і} = \frac{ЗП_{осн.і} \times Н_{ді}}{100}$ $ЗП_{доп.і}$ = 44817,5×0,25 = 11204,37 грн. в) відрахування на соціальне страхування: $ЗП_{соц.}$ = ($ЗП_{доп.і}$+ $ЗП_{тар.погод}$) ×37,5/100 = = (44817,5 + 11204,37) ×0,375= 21008,20 грн.	44817,50 11204,37 21008,20

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
1. Витрати на повне відновлення капітального ремонту основних виробничих фондів (устаткування, транспортних засобів, інструментів)	Амортизація	Амортизація виробничого устаткування транспортних засобів, і інструмента визначаємо по формулі: $A = (F_{пер} \times H_a)/100,$ де $F_{пер}$ – балансова вартість устаткування, транспортних засобів і інструментів; H_a - норма амортизації, %; Норми амортизації: – на устаткування - 8 %; – транспортних засобів - 30 %; – інструментів - 20 %. $A_{уст}$ = 10704000×0,08 = 856320 грн. $A_{тр}$ = 1605600×0,30 = 481680 грн. $A_{ін}$ = 160560×0,20 =32112 грн.	856320 481680 32112
Разом по 1 статті:			*1370112*
2. Витрати на експлуатацію устаткування (технічний огляд і обслуговування)	Матеріали	– для свердлильних – 0,025 кг; – для свердлильно-фрезерних – 0,025 кг; – для токарних – 0,015; – для протягувальних – 0,02 кг;	

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
		– для зубодовбальних – 0,02 кг. $С_{пр}$ – прийнята кількість верстатів даної групи; R = 175 – кількість одиниць ремонтної складності; $К_{зм}$ = 2 – коефіцієнт змінності; $Ц_м$ = – вартість одиниці мастильно-обтиральних матеріалів, грн; $Д_р$ = 251 – кількість робочих днів у році. М = (7×0,015+1×0,025+1×0,025+1×0,02+1×0,02)× ×175×2×1,05×251 = 17987,29 грн.	17987,29
	Заробітна плата	Витрати на оплату праці робітників, що обслуговують устаткування (наладники, мастильники) визначають: а) основна заробітна плата: $ЗП_{тар.погод} = С_{чі} \times К_р \times Ф_{еф}$ $ЗП_{тар.погод}$ = (8,172×2,8+5,288×0,33)×1820 = 44817,5 грн. б) додаткова заробітна плата: $ЗП_{доп.і} = \frac{ЗП_{осн.і} \times Н_{д.і}}{100}$ $ЗП_{доп.і}$ = 44817,5×0,25 = 11204,37 грн. в) відрахування на соціальне страхування: $ЗП_{соц.} = (ЗП_{доп.і} + ЗП_{тар.погод}) \times 37,5/100 =$ = (44817,5 + 11204,37) ×0,375= 21008,20 грн.	44817,50 11204,37 21008,20

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
	Послуги	Витрати на електроенергію $С_{ел} = \Sigma N \times Ф_н \times С \times К_{вик}$, де N – установлена потужність устаткування по групах, кВт.; $Ф_н$ – номінальний фонд часу роботи устаткування за рік, год.; $С$ – вартість одного кВт.год. електроенергії, грн. $К_{вик}$ – коефіцієнт використання устаткування. $С_{ел}$ = 104,1×4060×0,334×0,816 = 115189,63 грн.	115189,63
		Витрати на стисле повітря $C_{пов} = B \times Ф_{еф} \times S \times K_з \times \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \times Ц_{пов}$ де В – норма витрат стислого повітря за 1 годину роботи обладнання, м^3; S – кількість однорідних одиниць обладнання, яке потребує стисле повітря (10 – 15 % від всього обладнання), шт. (12×0,12 = 1,44); β - втрата повітря в трубопроводе 5%; $Ц_в$ - ціна одного м^3 стислого повітря, грн; $К_з$ - коефіцієнт завантаження обладнання. (0.816) $С_{пов}$ = 1,5×4060×1,44×0,816×(1+(5/100))×0,07 = 525,96 грн.	525,96

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
		Витрати на воду: $С_{вод} = Q \times Ф_{еф} \times S \times Ц_{вод}/1000,$ де Q – норма витрати води на 1 верстат у рік, $м^3$; $Ц_{вод}$ = 3,11 грн. – ціна 1 $м^3$ води; $Ф_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи устаткування, рік; S – число верстатів працюючих із СОР, шт. $С_{вод} = 0,6 \times 4060 \times 12 \times 3,11/1000 = 90,91$ грн.	90,91
Разом по 2 статті:			*210823,86*
. Витрати на проведення поточного ремонту устаткування і транспортних засобів	Матеріали	Для устаткування, крім автоматичних ліній, можна застосовувати в розмірі 4,5% від балансової вартості устаткування, 5% від вартості інструмента і 4,5% для транспортних засобів. $С_{уст} = 1070400 \times 0,045 = 48168$ грн.; $С_{тр} = 160560 \times 0,045 = 7225,2$ грн.; $С_{ін} = 16056 \times 0,05 = 802,8$ грн.	48168 7225,2 802,8
	Зарплата	Витрати на оплату праці робітників, зайнятих на ремонтних роботах (слюсарі, електрики й ін.) визначаються аналогічно розрахункам у другій статті. $З_{осн} = 6,49 \times (3+0,7+0,4) \times 1820 = 48428,38$ грн.;	48428,38

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
		$З_{дод}$ = 48428,38×0,25 = 12107,09 грн.; $З_{соц}$= (48428,38 + 12107,09)×0,375 = 22700,80 грн.	12107,09 22700,80
Разом по 3 статті:			*139432,27*
4. Витрати на внутрішньозаводські переміщення вантажів	Матеріали	Вартість мастильних і обтиральних матеріалів, пального, запасних частин і інших транспортних засобів, що використовуються для експлуатації, при укрупнених розрахунках, приймається 2% від вартості транспортних засобів: 159750×0,02 = 3195 грн.	3195,00
	Зарплата	Зарплата робітників, зайнятих переміщенням вантажів визначається аналогічно другій статті: $ЗП_{тар}$= 1,03×5,288×1820 = 9912,88 грн.; $ЗП_{дод}$= 9912,88×0,25 = 2478,22 грн.; $ЗП_{соц}$= (9912,88 + 2478,22)×0,375 = 4646,66 грн.	9912,88 2478,22 4646,66
	Послуги	Вартість транспортних послуг допоміжних цехів, при укрупнених розрахунках, можна прийняти 2-3% від суми статей 1, 2, 3. (487267,33)× 0,02 = 9745,35 грн.	9745,35
Разом по 4 статті:			*29978,11*

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат
5. Знос малоцінних інструментів та тих, що швидко зношуються	Матеріали	Вартість малоцінних інструментів і пристроїв та тих, що швидко зношуються, по укрупнених розрахунках, можна прийняти на 1 верстат, грн.: – зубодовбальні - 280; – токарні - 190; – протяжні - 230; – свердлильно-фрезерні – 250; – свердлильні 200 1×280+7×190+1×230+1×250+1×200 = 2290 грн.	2290
	Послуги	Суму зносу малоцінного інструменту і пристроїв та тих, що швидко зношуються, вартість їхнього заточення і ремонту можна прийняти 25-30% від їхньої вартості. 2290×0,25 = 572,50 грн.	572,50
Разом по 5 статті:			*2862,50*
6. Інші.		Витрати непередбачені іншими статтями можна прийняті, в розмірі 2-3% від суми попередніх статей. 520107,94×0,025 = 13002,7 грн.	13002,7
Всього:			***533110,64***

6.3. Калькуляція виготовлення деталі

Калькуляція – це визначення собівартості одиниці конкретного виду продукції. При визначенні виробничої собівартості продукції, що виробляється на дільниці механічного цеху, слід спиратися на стандарт бухгалтерського обліку П(С)БУ 16. Згідно з ним, перелік та склад статей калькуляції виробничої собівартості встановлюється самим підприємством.

Розрахунок наведений в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6.

Калькуляція виготовлення деталі.

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
01	Сировина і матеріали	12833,6	
02	Зворотні відходи	237,4	
03	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	355,20	Табл. 6.1. підсумок графи 5
04	Додаткова заробітна плата основних виробничих робочих	124,32	35% від п.03
05	Відрахування на соціальні заходи	179,82	37,5% від пп.(03+04)
06	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	574,22	161,66% від п.03
07	Загальновиробничі витрати	532,80	150% від п.03
08	Виробнича собівартість	14362,56	01-02+03+04+ +05+06+07
09	Адміністративні витрати	710,40	200% від п.03
10	Витрати на збут	14,21	4% від п.03
11	Інші операційні витрати	17,76	5% від п.03
12	Повна собівартість	15104,92	08+09+10+11

6.4 Ціни підприємства річної програми.

Оптова ціна – це сума прибутку та повної собівартості, розрахованої за статтями калькуляції. *Прибуток* розраховується в залежності від "встановлено рівня рентабельності за формулою:

$$\text{Рентабельність} = \frac{\text{Прибуток}}{\text{Повна собівартість}} \times 100\%$$

Розрахунок вартості річного обсягу продукції в оптових цінах зведено в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7.

Визначення оптової ціни річної програми.

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
01	Сировина і матеріали	10266880,00	А×табл.6.6., с.01
02	Зворотні відходи	189920,00	А×табл.6.6., с.02
03	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	284160,00	А×табл.6.6., с.03
04	Додаткова заробітна плата основних виробничих робочих	99456,00	А×табл.6.6., с.04
05	Відрахування на соціальні заходи	143856,00	А×табл.6.6., с.05
06	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	459373,06	А×табл.6.6., с.06
07	Загальновиробничі витрати	426240,00	А×табл.6.6., с.07
08	Виробнича собівартість	11490045,06	А×табл.6.6., с.08
09	Адміністративні витрати	568320,00	А×табл.6.6., с.09
10	Витрати на збут	11366,40	А×табл.6.6., с.10
11	Інші операційні витрати	14208,00	А×табл.6.6., с.11
12	Повна собівартість	12083939,46	А×табл.6.6., с.12
13	Рівень рентабельності	15%	
14	Прибуток	1812590,92	п.13 від п.12
15	Оптова ціна продукції підприємства без ПДВ	13896530,37	п.12 + п.14

Примітка: А – обсяг виробництва, шт.

6.5 Визначення фінансових результатів

Визначення фінансових результатів проводиться згідно з П(С)БУ 3 і наведене в табл. 6.8.

Таблиця 6.8.

Визначення фінансових результатів.

Стаття	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1. Доход (виручка) від реалізації продукції	13896530,37	п.15 табл.6.7.
2. Собівартість продукції (виробнича)	11490045,06	п.08 табл.6.7.
3. Валовий прибуток	2406485,31	п.1-п.2
4. Адміністративні витрати	568320,00	п.09 табл.6.7.
5. Витрати на збут	11366,40	п.10 табл.6.7.
6. Інші операційні витрати	14208,00	п.11 табл.6.7.
7.Фінансові результати від операційної діяльності	1812590,91	п.3-(п.4+п.5+ +п.6)
8.Податок на прибуток від звичайної діяльності	453147,73	25% від п.7
9.Фінансовий результат (чистий прибуток)	1359443,18	п.7 – п.8

6.6. Розрахунок обсягів капітальних вкладень і терміну окупності проекту

Незважаючи на різноманітність інвестиційних проектів, існує певна універсальна процедура для обґрунтування їх доцільності, яка полягає в наступних етапах:

- Визначення вартості витрат на здійснення проекту, зокрема капітальних витрат.

- Оцінка всіх можливих грошових потоків за термін дії проекту, включаючи залишкову вартість активу на визначену кінцеву дату.

- Дисконтування грошових потоків на основі визначеного коефіцієнта дисконтування.

- Порівняння капітальних витрат та дисконтованих грошових потоків, на основі яких приймається рішення щодо доцільності реалізації проекту.

Ефективність інвестиційного проекту залежить від кількох основних факторів:

- обсяг капітальних витрат;

- термін дії проекту;

- процентна ставка на інвестиції, що відповідає кращій альтернативі для інвестора;

- сума очікуваних грошових потоків.

Впровадження будь-якого інвестиційного проекту супроводжується витратами капітального характеру, при цьому очікується, що від реалізації проекту будуть отримані переваги, які можна оцінити у грошовій формі (наприклад, економія операційних витрат, зменшення запасів матеріалів тощо). Одноразові капітальні витрати спричиняють щорічні додаткові надходження протягом життєвого циклу проекту — грошові потоки.

Грошовий потік визначається як серія платежів або надходжень, що здійснюються через певні проміжки часу. Елемент грошового потоку позначається як Ci (від англ. cash flow), де "i" — номер періоду (року), за який отримано грошовий потік. Теперішнє значення грошового потоку позначається як PV (present value), а майбутнє значення — FV (future value).

Чистий грошовий потік — це різниця між грошовими коштами, які надходять підприємству від реалізації проекту протягом усього його існування, і капітальними витратами, які були здійснені. Формула для обчислення чистого грошового потоку виглядає так:

Чистий грошовий потік = Чистий дохід + Амортизація – Капітальні витрати. Для оцінки доцільності інвестицій часто використовують показник PP (payback period) — період окупності капіталу, який визначає, за який час очікувані надходження коштів перевищать суму інвестицій.

Період окупності інвестиційного проекту — це кількість років, необхідних для відшкодування початкових інвестицій. Якщо розрахунковий період окупності менший за встановлений або нормативний, проект вважається доцільним і приймається. Якщо ні — проект відкидається.

Проте показник PP має суттєву похибку, оскільки він не враховує часове значення грошей, що особливо важливо для довгострокових проектів або за умов високої альтернативної вартості капіталу.

Оскільки гроші з часом втрачають свою вартість, для оцінки інвестиційного проекту корисним є модифікований показник періоду окупності, при якому грошові потоки дисконтуються з урахуванням коефіцієнта дисконтування. Це дозволяє точніше врахувати зміну вартості грошей у часі.

У будь-якому типі економіки, де капітал має вартість, врахування зміни вартості грошей у часі є важливим. Метод дисконтування грошових потоків дозволяє більш об'єктивно оцінити інвестиційний проект, оскільки він бере до уваги як величину, так і розподіл грошових потоків у часі на кожному етапі реалізації проекту.

Дисконт — це процентна ставка, яка застосовується до грошових потоків, що інвестор очікує отримати в майбутньому, щоб визначити їх поточну вартість на момент здійснення інвестицій.

Проектування обсягів виробництва.

Робимо наступні припущення:

1. Освоєння випуску нової продукції починається з 1 січня 2009 року і продовжується протягом 6 років. За цей період досягається обсяг випуску продукції 8000 штук.

2. Припустимо, що ціни на продукцію залишаються незмінними, а програмний обсяг виробництва досягається поступово (таблиця 6.9.).

Таблиця 6.9.

Проектовані обсяги виробництва.

Роки	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Обсяг виробництва, % до проектного	70	90	100	100	100	100

Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень у проект.

Обсяги інвестицій у проект включають суму вкладень в основні засоби та на створення оборотних коштів. Розрахунок інвестиційних вкладень у проект зведено в таблицю 6.10.

Таблиця 6.10.

Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень у проект.

Показники	Величина витрат, грн.
I. Інвестиційні вкладення в основні засоби:	
1. Будівлі, споруди і передатні пристрої	180358
2. Транспортні засоби	164340
3. Інші	1090296
Разом: вкладення в основні фонди	*1434994*
II. Інвестиції в оборотні кошти	1180214,96
Усього:	**2615208,96**

Визначення інвестицій в оборотні кошти.

Інвестиції в оборотні кошти ($CF_{об}$) є різницею між повною собівартістю (ПС) і амортизацією (А). Тоді інвестиції в оборотні кошти будуть дорівнювати:

$$CF_{об} = \frac{ПС - А}{12} \times 1{,}2 = \frac{12083939{,}46 - 281789{,}84}{12} \times 1{,}2 = 1180214{,}96 \text{ грн.}$$

У даній формулі 20% – це резервний (страховий) фонд.

Розрахунок грошового потоку.

Для оцінки ефективності проекту потрібно сформувати грошовий потік від реалізації інвестицій (таблиця 6.11.).

Таблиця 6.11.

Розрахунок грошового потоку.

Показники	Значення, грн.	Вказівки до розрахунку
1. Чистий прибуток, у тому числі:	1577082,02	
а) у річному обсязі продукції	1359443,18	п.9 табл.6.8
б) прибуток від випуску супутньої продукції	217638,84	див. розрахунок нижче
2. Амортизація 1 -ї групи основних фондів	14428,64	8% від 1.1 табл. 6.10.
3. Амортизація 2-ї групи основних фондів	49302,00	30% від 1.2 табл. 6.10.
4. Амортизація 3-ї групи основних фондів	218059,20	20% від 1.3 табл. 6.10.
Разом сумарний річний грошовий потік	*1858871,86*	*п. 1+2+3+4*
Разом амортизація	*281789,84*	*п. 2+3+4*

Прибуток від випуску супутньої продукції:

$$П' = \frac{П}{ТН} \times (ТН' - ТН),$$

де П – отриманий прибуток від заданої програми, грн.; ТН – трудомісткість річної програми, н.-год.; ТН′ – трудомісткість річної програми з урахуванням дованта-ження, н.-год.

$$П' = \frac{1359443,18}{35704}(41420 - 35704) = 217638,84 \text{ грн}$$

Розрахунок сумарного грошового потоку з урахуванням обсягів виробництва по роках.

Приведений у таблиці 6.12.

Таблиця 6.12.

Розрахунок сумарного грошового потоку з урахуванням обсягів виробництва по роках.

Роки	Показники	Роки	Значення, грн.
0	Сума капітальних вкладень	Початок 2007 року	-2615208,96
1	70% грошового потоку	2008	1301210,30
2	90% грошового потоку	2009	1672984,67
3	100% грошового потоку	2010	1858871,86
4	100% грошового потоку	2011	1858871,86
5	100% грошового потоку	2012	1858871,86
6	100% грошового потоку	2013	1858871,86
Разом (без дисконтування)			*7794473,46*

Визначення періоду окупності проекту.

$$\text{Період окупності} = \text{Кількість років до повного відшкодування витрат} + \frac{\text{Невідшкодований залишок у цьому році}}{\text{Грошовий потік наступного року}}$$

Рік 1-й: - 2615208,96 + 1301210,30 = - 1313998,66 грн.

Рік 2-й: - 1313998,66 + 1672984,67 = + 358986,01 грн.

Проект окупиться на другий рік.

$$\text{Період окупності} = 1 + \frac{1313998,66}{1672984,67} = 1,8 \text{ роки або через 1 рік та 10 місяців.}$$

Розрахунок грошового потоку з урахуванням дисконту.

Таблиця 6.13.

Визначення чистої теперішньої вартості проекту.

Роки	Коефіцієнт дисконтування	Значення	Значення з урахуванням дисконту, грн.
0	$К_д=1/(1+К_с)^t$, $К_с$ - ставка дисконтування, t - номер року	-2615208,96	-2615208,96
1	$К_д = 0,8696$	1301210,30	1131532,48
2	$К_д = 0,7561$	1672984,67	1264943,71
3	$К_д = 0,6575$	1858871,86	1222208,25
4	$К_д = 0,5718$	1858871,86	1062902,93
5	$К_д = 0,4972$	1858871,86	924231,09
6	$К_д = 0,4323$	1858871,86	803590,31
Разом чиста теперішня вартість проекту			*3794199,80*

Визначення періоду окупності проекту з урахуванням дисконту.

Рік 1-й: - 2615208,96 + 1131532,48 = - 1483676,48 грн.

Рік 2-й: - 1483676,48 + 1264943,71 = - 218732,77 грн.

Рік 3-й: - 218732,77 + 1222208,25 = + 1003475,48 грн.

Отже, проект окупиться на третій рік.

$$\text{Період окупності} = 2 + \frac{218732,77}{1222208,25} = 2,2 \text{ року або через 2 роки та 2,5 місяця}$$

6.7. Техніко-економічні показники дільниці цеху

Для одержання повного уявлення про доцільність реалізації проекту дільниці механічного цеху по виготовленню цапфи-диску необхідно мати комплекс підсумкових даних, що характеризують економічну сторону роботи спроектованої дільниці. Основні показники дільниці зведені в таблицю 6.14.

Таблиця 6.14.

Техніко-економічні показники дільниці.

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення
1. Обсяг виробництва	штук	8000
2. Трудомісткість річної програми	н.-г.	
– заданої річної програми		35704
– з урахуванням супутньої продукції		41420
3. Чисельність працюючих всього:	осіб	32,13
в тому числі:		
– основних робочих		18
– допоміжних робочих		10,55
– спеціалістів		3,262
– службовців		0,213
– молодшого обслуговуючого персоналу		0,098
4. Середній розряд робочих	–	
– основних		3,44
– допоміжних		3,54
5. Фонд заробітної плати:	грн.	
– основних робочих		445202,14
– допоміжних робочих		164862,84
– спеціалістів		69322,11
– службовців		2460,58
– молодшого обслуговуючого персоналу		777,10
6. Середньомісячна заробітна плата:	грн.	

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення
– основних робочих		2061,12
– допоміжних робочих		1302,23
– спеціалістів		1770,95
– службовців		962,67
– молодшого обслуговуючого персоналу		660,80
7. Вартість основних виробничих фондів всього	грн.	1434994
у тому числі:		
І. групи (будівлі, споруди, передатні пристрої)		180358
П. групи (транспортні засоби. ЕОМ, припади)		164340
Ш. групи (інше)		1090296
8. Кількість устаткування на дільниці	штук	12
9. Середній коефіцієнт завантаження устаткування	%	81,6
10. Коефіцієнт використання матеріалу	–	0,48
11. Собівартість одиниці продукції	грн.	1510,49
12. Собівартість річної програми	грн.	12083939,46
13. Виробнича програма за оптовими цінами	грн.	13896530,37
14. Чистий прибуток	грн.	1577082,02
15. Чиста теперішня вартість проекту	грн.	1003475,48
16. Строк окупності капітальних вкладень	роки	
без дисконтування		1,8
з урахуванням дисконтування		2,2

6.8. Висновок

Аналіз проведених розрахунків техніко-економічних показників дозволяє зробити висновок щодо доцільності проекту виготовлення деталі типу «цапфа-диск».

Проект потребує капітальних вкладень у розмірі 2615208,96 гривень, його термін окупності з урахуванням дисконту складає 2 роки та 2,5 місяця.

Собівартість виготовлення однієї деталі 1510,49 грн., оптова ціна виробничої

програми за рік складає 12083939,46 грн. Прибуток від впровадження даного проекту планується в розмірі 1577082,02 гривень.

Ці показники свідчать про те, що доцільність цього проекту в повній мірі обґрунтована.

7. Охорона праці

7.1. Вступ

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на забезпечення збереження здоров'я та працездатності людини під час виконання трудових обов'язків.

Обробка металів різанням є важливим етапом у виробництві точних деталей для машин і приладів. Професія верстатника є однією з найбільш поширених у машинобудівній галузі. Процес різання постійно вдосконалюється, що супроводжується зростанням швидкостей обробки та використанням нових матеріалів. Це, в свою чергу, створює додаткові проблеми з безпекою та гігієною праці, зокрема через обробку металів і неметалевих матеріалів із шкідливими добавками, а також специфічні особливості самого процесу різання.

Завдання створення безпечних умов праці вирішуються комплексно. Це передбачає постійне удосконалення верстатних комплексів, оснащення їх новими засобами безпеки на етапах проектування, виготовлення та модернізації робочих місць верстатників, механізацію допоміжних операцій, підвищення кваліфікації працівників і вдосконалення їх знань у сфері охорони праці. Важливим аспектом є освоєння передових методів і прийомів роботи на верстатах, а також підвищення дисципліни праці.

Соціальне та економічне значення охорони праці полягає в підвищенні продуктивності праці, збереженні трудових ресурсів і збільшенні національного продукту. Зростання продуктивності праці досягається через збільшення робочого часу, що досягається за рахунок зменшення внутрішньозмінних простоїв, ліквідації мікротравм та зниження їх кількості.

Також важливим є запобігання передчасному стомленню шляхом поліпшення умов праці, раціоналізації робочих процесів і оптимізації режимів праці та відпочинку. Поліпшення стану здоров'я працівників через покращення умов праці сприяє збереженню трудових ресурсів та підвищенню їх професійної активності.

7.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на дільниці

Реальні умови виробництва часто характеризуються наявністю небезпечних і шкідливих чинників, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників.

Небезпечний виробничий чинник — це такий чинник, який при певних умовах може призвести до травм, гострого отруєння, значного погіршення здоров'я або навіть до смерті працівника.

Шкідливий виробничий чинник — це чинник, вплив якого при тривалому контакті може призвести до захворювань, зниження працездатності або негативно впливати на здоров'я майбутніх поколінь.При проектуванні дільниці необхідно врахувати всі аспекти охорони праці, санітарії та протипожежних заходів для забезпечення безпечних умов праці.

Згідно з ГОСТ 12.0.003–84, на проектованій дільниці можуть бути присутні такі небезпечні та шкідливі фактори:

- рухомі машини та механізми;
- підвищена запиленість та загазованість повітря;
- високий рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень напруги в електричній мережі;
- недостатнє освітлення робочих місць;
- підвищена пожежна небезпека.

Основними причинами аварій на дільниці можуть бути:

- помилкові дії працівників при налагодженні й ремонті обладнання;
- перевищення номінальної вантажопідйомності при переміщенні деталей;

- незнання або порушення правил техніки безпеки

Для запобігання таким ситуаціям важливо забезпечити належну кваліфікацію працівників, чітке дотримання стандартів безпеки та регулярне навчання на робочих місцях.

На дільниці використовується різне технологічне обладнання, і забезпечення безпеки під час його експлуатації, а також використання вантажопідйомних засобів, досягається через раціональне планування дільниці, своєчасну інформованість працівників щодо правил безпеки, а також застосування колективних і індивідуальних засобів захисту. Відповідно до ГОСТ 12.4.011–86, це сприяє зручності експлуатації, забезпечує високу ефективність та відповідає вимогам технічної естетики та ергономіки.

При роботі на металоріжучих верстатах можливі травми, пов'язані з кількома факторами:

- Ріжучий інструмент (фрези, абразивні круги) може стати джерелом травм.

- Приводні та передаточні механізми можуть нанести травми під час роботи, налагодження та ремонту верстатів.

- Стрічкова стружка, яка часто призводить до порізів з серйозними наслідками.

- Відлітаюча стружка та пил важких металів, а також змазка, що потрапляє у повітряну середу, можуть бути небезпечними для очей і спричиняти отруєння шкідливими речовинами, що використовуються для обробки та охолодження. Для захисту використовуються захисні окуляри та улавлювачі для відходів.

- Заготівки та готові вироби можуть бути небезпечними при їх обробці, коли заготовка вивирається з пристосувань або під час її установки та зняття з верстата вручну.

- Рухомі частини верстата є джерелом підвищеної небезпеки, тому їх необхідно огороджувати.

- Електричний струм рідко стає причиною травм, але вимагає спеціального огородження, блокування та заземлення.

- Різні предмети можуть спричинити травми через взаємодію людей або зіткнення з транспортними засобами у цехах.

Що стосується метеорологічних умов, вони є сприятливими для роботи на проектованій дільниці, оскільки відсутні джерела значного тепловиділення, і температура підвищується лише в теплий період року

Нормативні параметри мікроклімату робочої зони виробничих приміщень регламентуються ГОСТ 12.1.005–88.

Оптимальні та допустимі норми мікроклімату приведені в табл. 7.1 та 7.2.

Таблиця 7.1.

Оптимальні норми мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна волога,φ, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний та перехідний	Легка I	20-23	60-40	0,2
	Сер. важкий IIа	18-20	60-40	0,2
	Сер. важкий IIб	17-20	60-40	0,3
	Важкий III	16-18	60-40	0,3
Важкий	Легка I	20-25	60-40	0,3
	Сер. важка IIа	21-23	60-40	0,2
	Сер. важка IIб	20-23	60-40	0,4
	Важка III	18-21	60-40	0,5

Таблиця 7.2.

Допустимі норми мікроклімату

Категорія робіт	Температура, °С	Відносна волога φ, %	Швидкість руху повітря, м/с	Температура повітря поза робочим місцем, °С
Легка I	20-23	60-40	0,2	15-26
Сер. важкий IIа	18-20	60-40	0,2	13-24
Сер. важкий IIб	17-20	60-40	0,3	13-24
Важка III	16-18	60-40	0,3	12-19

Вібрація.

Загальна та місцева вібрація по-різному впливають на організм людини, тому для кожного виду вібрації встановлені різні допустимі рівні впливу. Довготривалий вплив загальної вібрації може призвести до порушення роботи вестибулярного апарату, центральної та вегетативної нервових систем, а також до розвитку захворювань органів травлення і серцево-судинної системи. Місцева вібрація в свою чергу викликає порушення периферійного кровообігу, проблеми з нервовою системою та м’язово-суглобовим апаратом.

Нормативним параметром для загальної вібрації є середньоквадратичне значення поливальної швидкості на октавних випадках частот або амплітуди, що передаються на робочі місця у виробничих приміщеннях. Ці регламентовані параметри визначаються ГОСТ 12.1.012-88.

Таблиця 7.3.

Допустимі значення коливальної швидкості

Середньо геометричні частоти октавних смуг, Гц	Межові частоти октавних смуг, Гц		Допустимі коливальні швидкості	
	Нижні	Верхні	Діючи значення, м/с×10	Середнє діючих значень, Дб
8	5,6	11,2	5,00	120
16	11,2	22,4	5,00	120
31,5	22,4	45	3,50	117
63	45	90	2,50	114
125	90	180	1,80	111
250	180	355	1,20	108
500	355	710	0,90	105
1000	710	1400	0,63	102
2000	1400	2800	0,45	99

Для ручних машин гранично допустимі рівні вібрації регламентовані ГОСТом 17770-89.

Їх параметри визначаємо діючим значенням коливальної швидкості у місцях контакту машин з руками робочого, масу ручної машини сприймаємо у процесі роботи руками робочого.

Шум.

Нормовані параметри шуму на робочих місцях визначені ГОСТ 12.01.003.-83. Норми встановлюють межові значення параметрів шуму у різних виробничих приміщаннях у залежності від характеру праці у них, а ні від рядів обладнання.

Рівні звукового тиску в залежності від видів обладнання та частоти активних смужок приведених у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4.

Усереднені частотні спектри деяких типів виробничого обладнання машинобудівельних заводів.

Обладнання	Середні частоти октавних смуг, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	Рівні звукового тиску, дб							
1. Токарні	78±4	80±5	84±4	85±5	85±6	84±6	84±5	80±5
2. Токарні автомати	82±3	88±3	85±3	87±3	87±3	86±3	86±3	84±4
3. Довбальні	75±3	78±4	79±2	80±2	79±2	77±3	72±3	63±3
4. Шліфувальні	84±4	85±2	87±5	87±3	94±1	97	94±4	86±4
5. Розточувальні	74±3	80±2	82±3	80±3	79±3	82±3	78±3	73±3
6. Координатно-розточувальні	66±1	66±3	71±2	75±2	74±3	71±2	64±2	57±2
7. Карусельні	87±3	90±3	93±3	93±3	89±5	90±3	87±3	80±3
8. Свердлувальні	81±3	82±3	83±7	86±3	85±4	84±3	90±3	84±3
9. Зварювальні	85±3	90±2	92±3	92±3	89±1	86±2	94±3	87±3
10. Формовочні	81±3	80±3	100±з	94±3	98±3	97±3	96±2	96±4
11. Фрезерні	85±3	91±3	90±3	97±1	96±1	96±2	96±3	93±3
12. Робоче місце	99±3	92	86	83	80	78	76	74

- Шум є загальнобіологічним подразником, що може впливати на всі системи життєдіяльності людини за певних умов. Для забезпечення безпеки праці та зниження негативного впливу шуму на здоров'я працівників, на підприємствах вимірювання рівня шуму на робочих місцях повинно проводитися щонайменше один раз на рік.

Для зниження рівня шуму у механічному цеху необхідно впровадити такі заходи:

- Заміна ударних процесів і механізмів на безударні.

- Заміна зворотно-поступових рухів обертальними.

- Використання зубчастих ременів замість зубчастих та ланцюгових передач.

- Заміна прямозубчастих шестерень на шевронні та зубчасті.

- Заміна металевих деталей на пластикові.

- Розташування зубчастих зчеплень у масляних ваннах для зменшення шуму.

- Використання прокладних матеріалів для зменшення вібрації.

- Зменшення інтенсивності вібрації поверхонь через покращення їх жорсткості та надійності кріплень.

- Встановлення гумових прокладок на днищі бункерів та іншій металевій тарі.

- Використання звукоізолюючих кожухів, екранів, стін, перегородок для зниження рівня шуму.

Освітлення.

Освітлення робочих зон та проходів є важливим аспектом забезпечення нормованих рівнів роботи у виробничих приміщеннях. Освітлення грає ключову роль у житті людини, оскільки близько 90% інформації сприймається через зоровий канал.

Раціональне освітлення має відповідати наступним умовам

- Достатність освітлення — щоб робітник міг чітко бачити всі елементи робочого процесу.

- Рівномірність — освітлення повинно бути рівномірним по всій площі робочої зони, без сильних темних ділянок.

- Відсутність тіней на робочій поверхні — необхідно уникати створення тіней, які можуть заважати виконанню роботи.

- Запобігання засліпленню — освітлення не повинно сліпити робітника.

- Правильний напрямок світлового потоку — світло має бути спрямоване так, щоб зручно виконувати роботу.

Нормативним документом для забезпечення штучного освітлення є СНіП II-4-89, який орієнтує на використання газорозрядних ламп як найбільш ефективних і екологічних. Лампи накалювання рекомендується

використовувати тільки тоді, коли газорозрядні лампи неможливо застосувати. Для приміщень з недостатнім природним освітленням необхідно підвищувати рівень штучного освітлення, особливо в тих випадках, коли природне освітлення складає менше ніж 30% нормованого значення при боковому освітленні, або менше ніж 60% при верхньому освітленні.

Пожежна безпека на об'єкті повинна бути забезпечена комплексними заходами, що охоплюють запобігання пожежам, протипожежний захист та організаційно-технічні заходи. Згідно з ГОСТ 12.1.004–91, система пожежної безпеки повинна гарантувати, що ймовірність виникнення пожежі або її негативного впливу на кожну людину не перевищує рівня 0,999999, а допустимий рівень пожежної небезпеки не повинен перевищувати 10^{-6} впливу небезпечних факторів пожежі на рік для кожної людини.

Дільниця механічного цеху, що займається виготовленням цапфи-диска, за рівнем вибухопожежної та пожежної небезпеки належить до категорії Д (дільниця з негорючими матеріалами в холодному стані).

Основні заходи для забезпечення пожежної безпеки:

- Будівельно-технічне планування та розміщення обладнання. Забезпечення правильного розміщення виходів і аварійного освітлення на території дільниці.
- Запобігання відкритому вогню. Забороняється використання відкритого вогню поблизу вогненебезпечних матеріалів. Забороняється паління у невстановлених місцях.
- Засоби пожежогасіння. На об'єкті мають бути встановлені засоби пожежогасіння відповідно до ГОСТ 12.4.009-83.
- Заземлення обладнання. Обов'язково повинно бути забезпечене заземлення обладнання для запобігання електричним пожежам.
- Інструктаж і контроль. Проведення інструктажу робітників з питань пожежної безпеки. Постійний контроль за дотриманням протипожежних вимог, забезпечення належного навчання персоналу.

Ці заходи дозволяють мінімізувати ризик виникнення пожежі та забезпечити безпеку людей і майна на виробництві.

7.3. Розрахунок освітлення дільниці

Вихідні параметри для розрахунку загального освітлення дільниці:

Довжина та ширина дільниці 19×18 м, висота 7,2 м. Висота робочої поверхні h_p=1,2 м. Стеля дільниці побілена, розрахункова поверхня світла. Напруження мережи 220В.

Розраховуємо освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку, який призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь при відсутності великих предметів, що затінюють, з урахуванням світла, відбитого стінами і стелею. За даним методом визначаються світловий потік і потужність ламп, необхідні для створення заданої освітленості, а також кількість світильників.

Обираємо тип світильника – з люмінесцентними лампами ЛСП04.

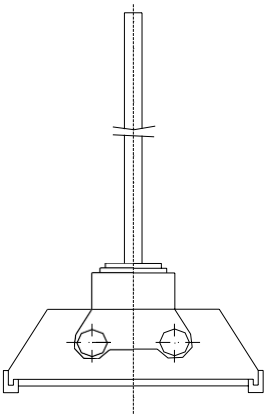


Рисунок 7.1. *Світильник ЛСП04*

Відстань від стелі до робочої поверхні становить:

$$H_0 = H - h_p = 5{,}7 - 1{,}2 = 4{,}5\,\text{м}.$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = (0{,}2...0{,}25)H_0 = 0{,}25 \cdot 4{,}5 = 1{,}1\text{м}.$$

Висота підвішування світильника над робочим місцем:

$$h = H_0 - h_c = 4{,}5 - 1{,}1 = 3{,}4\,\text{м}.$$

Висота підвішування світильника над підлогою:

$$H_n = h + h_p = 3{,}4 + 1{,}2 = 4{,}6\,\text{м}.$$

Рівномірність освітленості досягається оптимальним розміщенням світильників у просторі проектованого приміщення (рис. 7.2).

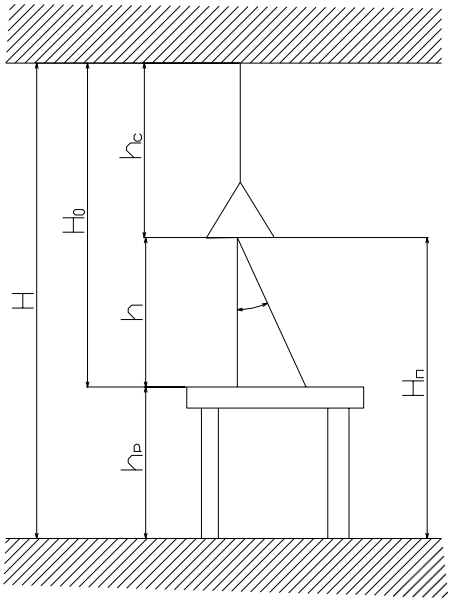


Рисунок 7.2. *Розміщення світильника в приміщенні*

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення $\frac{L}{h}$=1,5 (при паралельному розміщенні світильників рекомендується $\frac{L}{h}$=1,4…1,8).

В такому разі відстань між центрами світильників дорівнює:

$$L = 1{,}5 \cdot h = 1{,}5 \cdot 3{,}4 = 5{,}1\text{м}.$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{19 \cdot 18}{5{,}1^2} = 13$$

Приймаємо N = 13 світильників.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)} = \frac{19 \cdot 18}{3{,}4(19+18)} = 2{,}72$$

За табл. 26 [19] визначаємо приблизні значення коефіцієнтів відбиття стелі $\rho_п$=70%, стін $\rho_с$=50% і робочої поверхні $\rho_р$=10%.

Використовуючи вище зазначені параметри за табл. 22 [19] визначаємо значення коефіцієнту використання світлового потоку для ЛСП02: η=63%.

Світловий потік однієї лампи знаходимо за такою формулою:

$$\Phi_р = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k_з \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

де $E_{\min}$ – рівень мінімальної освітленості за нормами, лк; S – освітлювана площа приміщення, м^2; $k_з$ – коефіцієнт запасу, що враховує експлуатаційне зниження освітленості в порівнянні з проектованою внаслідок забруднення стелі, перебірок, світильників і ламп, а також зменшення світлового потоку ламп у процесі їхньої експлуатації. $k_з$ вибирається в межах 1,15…2,0 в залежності від характеру приміщення; z – коефіцієнт мінімальної освітленості, який дорівнює відношенню середньої освітленості до мінімальної. Він враховує нерівномірність освітленості і залежить в основному від відношення відстаней між світильниками і від їх типів; N – число світильників, шт.; n – число ламп, встановлених в одному світильнику, шт.; η – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, встановлених у світильнику.

Таким чином, світловий потік дорівнює:

$$\Phi_р = \frac{150 \cdot 342 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1}{13 \cdot 2 \cdot 0{,}63} = 5168 \text{ лм.}$$

Якщо обрати лампу з найближчим до розрахунку світловим потоком – ЛВ з Ф = 4170 лм, то фактична освітленість буде дорівнювати:

$$E_ф = E_н \frac{\Phi_л}{\Phi_р} = 150 \frac{4170}{5168} = 121 \text{ лк.}$$

Це значення на 20% менше мінімального нормованого рівня освітленості. Оскільки фактичне значення повинно відрізнятись від нормованого на –10…+20%, то потрібно скорегувати кількість світильників.

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k_з \cdot z}{n \cdot \Phi_л \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 342 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1}{2 \cdot 4170 \cdot 0{,}63} = 16$$

Приймемо N = 18 світильників.

В такому разі, маємо:

$$\Phi_р = \frac{150 \cdot 342 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1}{18 \cdot 2 \cdot 0{,}63} = 4125 \text{ лм.}$$

Це значення світлового потоку лежить в допустимих границях. Тому обираємо для освітлення дільниці 18 люмінесцентних ламп ЛВ потужністю 80 Вт, струмом 0,85 А, напругою 102 В, які забезпечують світловий потік 4170 лм після мінімальної тривалості горіння 4800 годин.

Фактична освітленість буде дорівнювати:

$$E_ф = E_н \frac{\Phi_л}{\Phi_р} = 150 \frac{4170}{4125} = 152 \text{ лк.}$$

Загальна потужність освітлювальної установки складе:

$$P_з = P_л \cdot N = 160 \cdot 18 = 2880 \text{ Вт} = 2{,}88 \text{ кВт.}$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 7.3.

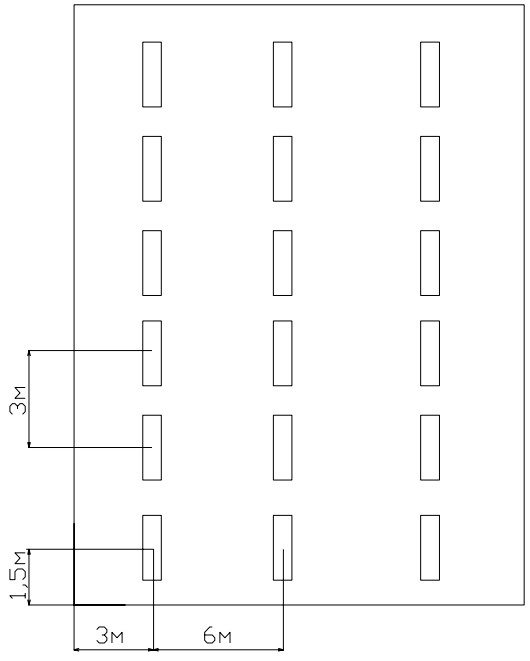


Рисунок 7.3. *Схема розміщення світильників на дільниці.*

8. Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є однією з основних завдань держави та соціуму, рішення яких безпосередньо пов'язане з охороною здоров'я поточного та майбутніх поколінь, а також з забезпеченням сталого розвитку їх добробуту.

Зовнішнє середовище є основою для фізичних, біологічних та соціальних факторів, що впливають на існування людини. Це середовище, в якому людина існувала протягом всієї своєї еволюції.

Фактори, що впливають на здоров'я людини, можуть бути класифіковані в залежності від середовища на фізичні, хімічні, біологічні та психосоціальні. До фізичних факторів належать електромагнітні випромінювання, шум, вібрація, температурні коливання, атмосферний тиск

Шум розглядається як небажаний звук, що виникає внаслідок коливання повітря і сприймається слуховим апаратом. Вплив сильного шуму може призвести до тимчасової втрати слуху

Важливим аспектом програм, спрямованих на захист слуху, є інтеграція умов навколишнього середовища з аудіометричними змінами у працюючих

Науково-технічна революція значно полегшила життя людини, проте, на жаль, вона також призвела до численних негативних наслідків, більшість з яких зумовлені недбалим ставленням до природи. Забруднення повітря, водойм, порушення структури ґрунтів та природних ландшафтів стали серйозними проблемами.

Існують три основні напрямки охорони природи, які потребують екологічного вирішення:

1. Охорона середовища життя на Землі. Завданням екологів є визначення кількості та складу речовин, що потрапляють у біологічний кругообіг в результаті людської діяльності. Деякі з цих субстанцій потрапляють у природний кругообіг у таких великих кількостях, що становлять серйозну загрозу для біосфери.

Зокрема, пестициди, концентрація яких перевищує допустимі межі, призводять до випадіння окремих компонентів як у наземні, так і у водні екосистеми, що спричиняє порушення мікробіологічних процесів і зменшення видового різноманіття. Важливим напрямком наукових досліджень є вивчення адаптації різних видів до умов інтенсивних технологічних змін, що відбуваються на планеті.

2. Охорона середовища життя людини. Цей напрямок включає питання визначення допустимих рівнів шкідливих хімічних речовин, біокліматичного комфорту, умов побуту, якості харчування та інших аспектів, що безпосередньо впливають на здоров'я і добробут людини.

3. Охорона антропогенного середовища, в якому здійснюється господарська діяльність. Це охоплює техногенно змінені та окультурені ландшафти, зокрема, такі галузі, як мисливство та рибальство, де важливо забезпечити стабільність популяцій мисливських тварин для сталого отримання продукції.

У металообробній промисловості основним джерелом забруднення ґрунтів і ґрунтових вод є відходи технологічних рідин, мастильних та охолоджуючих засобів, металева стружка та інші виробничі відходи.Джерелом забруднення повітря можуть бути пил та пари лакофарбових матеріалів, викидаємих в атмосферу. Тому потрібно забезпечити припинення дії цих факторів на навколишнє середовище. Для цього необхідно:

- Організувати збір, зберігання та утилізацію усіх відходів, щоб запобігти їх забрудненню навколишнього середовища;

- Обладнати вентиляційні установки спеціальними фільтрами, які слід регулярно перевіряти та замінювати або чистити;

- Проводити систематичні перевірки працездатності приладів та установок, що забезпечують захист навколишнього середовища від забруднень.

При обробці деталі „цапфа-диск" на проектованій дільниці утворюється стружка, тому в цеху передбачено окреме відділення для її переробки. Стружка, що утворюється на верстатах, транспортується по каналу до спеціального

бункера. Далі, по конвеєру, стружка потрапляє на стружкопереробну дільницю, де вона брикетується за допомогою пресів і потім вивозиться з заводу.

Для очищення виробничих вод передбачено спеціальні споруди, які забезпечують очищення та утилізацію стічних вод, а також пристрої для їх випуску у водоймища. Очистка включає встановлення решіток або дробарок, відстійників, нафтоуловлювачів, біологічних фільтрів, а також споруд для насичення стічних вод киснем.

Висновки

Магістерська робота на тему «Удосконалення технології виготовлення цапфи диска (m =1 мм, z =134)» розроблена відповідно до діючих стандартів ЄСТД. Диск є відповідальною деталлю складової газотурбінного установки, до якого пред'являються жорсткі вимоги щодо точності, якості робочих поверхонь, їх взаємного розташування. Умови роботи цієї деталі вимагають виготовлення її з жаростійкого, а отже, важкозброблюваного матеріалу. У розробленому технологічному процесі обробка виконується з використанням сучасного технологічного обладнання, зокрема станків з ЧПУ. Обраний метод отримання заготовки – штампування на кривошипних гаряче-штамповочних пресах дозволив підвищити коефіцієнт використання матеріалу, якість поверхні заготовки, її структуру та механічні властивості. Також в технологічному процесі застосована механізована оснастка, продуктивні ріжучі та вимірювальні інструменти. Спроектована технологія дозволила знизити трудомісткість виготовлення деталі порівняно з виробництвом на базовому підприємстві.

В кваліфікаційній роботі надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення, а також розглянуті питання застосування нових матеріалів ріжучих інструментів для обробки важкооброблюваних матеріалів. В магістерській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: принцип дії пристосування для контролю перекосу пазів, опис і розрахунок пристосування для протягування пазів, конструювання ріжучого інструменту. Спроектована дільниця з виготовлення деталі та розраховані її техніко-економічні показники і доцільність її проектування. Наведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що впливають на виробничий персонал дільниці, запобігання впливу шумових факторів небезпеки на виробничий персонал дільниці механічного цеху розрахунок захисного заземлення електротехнічного обладнання дільниці механічного цеху, аналіз впливу виробництва та технологічного процесу виготовлення деталі на довкілля та розглянуті заходи з охорони навколишнього середовища.

Література

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування Проектування та виробництво заготованок. - Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.

2. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. - Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.

3. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. - Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.

4. Горбатюк Є.О., Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. - Навчальний посібник. – Львів, «Новий Світ-2000», 2012. – 358 с.

5. Довідник технолога-машинобудівника. в 2-х т. /Під заг.ред.А.Г.Косилової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., переробл. і доп. – Київ, Техніка, 1990. -

6. Івщенко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці/Л.І.Івщенко і ін. – Харків, Компанія «Сміт», 2006. – 320 с.

7. Колкер Я.Д., Руднєв О.Н. Базування та бази в машинобудуванні. - Начальний посібник. – Київ, Вища школа, 1991. – 100 с.

8. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування. – Підручник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування», «Металорізальні верстати та системи». – Житомір, Держ.університет «Житомірська політехніка», 2009. –

9. Обробка металів різанням. Довідник технолога /Н.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм та ін. Під заг.ред. А.Н.Панова. – Київ, Техніка, 1991. – 740 с.

10. Паливода Ю.Є., Дячун А.Е., Лешук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки. – Навчально- методичний посібник. – Тернопіль: Тернопільський нац.техн.університет ім. Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

11. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці. – Навчальний посібник. - /За заг.редк.т.н., І.П.Пістуна. – Суми, Вид-во «Університетська книга», 2000. – 207 с.

12. Руденко П.О., Харламов Ю.А. Проектування і виробництво заготовок у машинобудуванні. – Навчальний посібник. Під ред. В.М.Плескача. – Київ, Вища школа, 1991. – 247 с.

13. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. – Навчальний посібник для машинобудівних спец.вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.

14. Соловйов С.М., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Бобошко В.О., Козленко О.О. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навчальний посібник . Під заг.ред. проф. С.М.Соловйова. – Миколаїв, НУК, 2016. – 172 с.

15. Технологія машинобудівних підприємств. - Підручник /В.Л.Дикань, Ю.Є.Калабухін, Н./.Каличева та ін. За заг.ред. В.Л.Диканя. – Харків, УкрДЧЗТ, 2020. – 386 с.

16. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. – Навчальний посібник/І.І.Юрчишин, Я.М.Литвиняк, І.Е.Грицай, М.Л.Кухляк, Я.М.Кусій, В.В.Ступницький, В.А.Яцюк, А.М.Кук, Е.М.Махоркін, В.П.Свізінський. За заг.ред.І.І.Юрчишина. – Львів, Вид-во національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

17. Ткаченко І.Г., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є. Технологія машинобудування: Вступ до спеціальності. – Навчальний посібник. – Тернопіль, Тернопільський нац.тех.університет ім.Івана Пулюя, 2013. – 84 с.

18. Ткачук К.Н., Іванчук Д.Ф. та ін. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві. – ДО, Техніка, 1991.

19. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок. – навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2001. – 84 с.

20. Хлопенко Б.К., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Козленко О.О. Проектування технологічних процесів обробки типових деталей. – Навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2003. – 56 с.

21. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування. – Навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.