

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості виготовлення тонкостінних деталей»

Виконав: студент(ка) ІІ курсу, групи М-122м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ГРІНБЛАТ М.Г.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник СТЕПАНОВ Д.М.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
 Кафедра «Технологія машинобудування»
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ
 « » 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ГРІНБЛАТ Маріанна Геннадіївна

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Особливості виготовлення тонкостінних деталей»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. СТЕПАНОВ Дмитро Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові,)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» 11 2023 року №436

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі; річна програма випуску N=5000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Автоматизація. 4. Розрахунок деталі на міцність. 5. Спеціальне завдання. 6. Економічний розрахунок. 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Креслення деталі, заготовки; 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; зображення обробки для верстата з ЧПК; плакат автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; плакат розрахунку деталі на міцність; плакати спецзавдання. Кількість слайдів -

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	к.т.н., доц. СТЕПАНОВ Д.М.		
6	к.т.н., доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
7	к.т.н., доц. ШМИРКО В.І.		
нормоконтроль	к.т.н., доц. ДЯДЯ С.І.		

7. Дата видачі завдання 04.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.09.2023	
2	Конструкторська частина	02.10.2023	
3	Автоматизація	09.10.2023	
4	Розрахунок на міцність	23.10.2023	
5	Спецзавдання	30.10.2023	
6	Економічний розрахунок	06.11.2023	
7	Охорона праці	13.11.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	27.11.2023	
9	Нормоконтроль	04.12.2023	
10	Захист дипломного проєкту	18.12.2023	

Студент(ка)

(підпис)

Маріанна ГРІНБЛАТ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Дмитро СТЕПАНОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 119 ст., 20 табл., 43 рис., 2 дод., 24 джерел.

ДЕТАЛЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЗАГОТОВКА, КРЕСЛЕННЯ, КРИШКА ПІДШИПНИКА, ОБРОБНИЙ ЦЕНТР, ОПЕРАЦІЙНА КАРТА, РОЗМІР, СТРУЖКА, ШЛІФУВАННЯ

Об'єкт дослідження – кришка підшипника.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі «Кришка підшипника» з урахуванням особливостей її тонкостінної конструкції, особливостей і складностей її виробництва.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

Під час розробки дипломного проєкту було проведено оптимізацію, пропрацювання особливостей обробки даної деталі, через те, що вона відноситься до тонкостінних виробів, за рахунок чого стало більш економічно вигідніше проводити виготовлення даної деталі.

Було проведено таку низку заходів, як:

- підібрано та економічно обґрунтовано метод отримання заготовки;
- вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі з огляду на сучасне обладнання, запропонований метод отримання заготовки та нежорсткої конструкції деталі;
- запропоновані методи автоматизації остаточного контролю;
- проведено розрахунок режимів різання та норм часу;
- спроектовано спеціалізоване робоче та контрольне пристосування;
- проведено розрахунок тонкостінної деталі на міцність;
- досліджено методи очищення та брикетування стружки;
- проведено розрахунок економічної ефективності впроваджених заходів.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначення	8
Вступ	9
1 Технологічна частина	10
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	10
1.1.1 Матеріал деталі та його властивості	11
1.1.2 Термообробка	12
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	14
1.4 Проєктування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі та технологічності	17
1.4.2 Проєктування маршруту обробки поверхонь	21
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	25
1.6 Розрахунок режимів різання	39
1.6.1 Операція – 025 токарна з ЧПК	39
1.6.2 Операція – 055 фрезерна з ЧПК	46
1.6.3 Операція – 080 свердлильна з ЧПК	50
1.6.4 Операція – 105 шліфувальна	54
1.7 Технічне нормування операцій	57
1.7.1 Операція – 025 токарна з ЧПК	57
1.7.2 Операція – 055 фрезерна з ЧПК	60
1.7.3 Операція – 080 свердлильна з ЧПК	62
1.7.4 Операція – 105 шліфувальна	63
1.8 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	65
1.8.1 Операція 025 – токарна з ЧПК	66

1.8.2 Операція 055 – фрезерна з ЧПК	67
1.8.3 Операція 080 – свердлильна з ЧПК	69
2 Конструкторська частина	71
2.1 Проєктування робочого пристосування	71
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	72
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	72
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	75
2.2 Проєктування контрольного пристосування	77
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	77
2.2.2 Розрахунок на точність	78
3 Автоматизація остаточного контролю деталей	81
3.1 Контроль на верстатах з ЧПК та обробних центрах	82
3.2 Остаточний контроль	83
4 Розрахунок деталі на міцність	86
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі	86
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції	87
4.3 Оптимізація геометрії деталі (рекомендації)	88
5 Спеціальне завдання. Очищення стружки стратегічних матеріалів та її брикетування	89
5.1 Аналіз літературних джерел	89
5.1.1 Збирання стружки	91
5.1.2 Очищення стружки	92
5.1.3 Брикетування стружки	93
5.1.4 Зберігання стружки	94
5.1.5 Транспортування стружки	95
5.2 Можливі шляхи вирішення	95
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	98

7 Охорона праці та заходи безпеки	107
7.1 Аналіз потенційних небезпек	107
7.2. Заходи по забезпеченню безпеки	108
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	109
Висновки	112
Перелік джерел посилань	114
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	117
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування	119

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ДБН	- державні будівельні норми
ДСанПіН	- державні санітарні правила і норми
ДСН	- державні санітарні норми
ДСТУ	- державні стандарти України
КВМ	- коефіцієнт використання матеріалу
КВМ	- координатно-вимірювальна машина
КГШП	- кривошипно-гарячештампувальний прес
МВД	- маршрут виготовлення деталі
МОП	- маршрут обробки поверхні
НПАОП	- нормативні правові акти з охорони праці
ОП	- охорона праці
НВФ	- небезпечні виробничі фактори
ППТЯ	- послідовність показників точності та якості
ПУЕ	- правила устрою електроустановок
СДОР	- сильнодіючі отруйні речовини
ССБТ	- система стандартів безпеки труда
ТКВ	- технологічність конструкції виробу
ТО	- термічна обробка
ТП	- технологічний процес
ЧПК	- числове програмне керування

ВСТУП

У сучасних обставинах перед авіаційною промисловістю стоять задачі скорочення витрат виробництва та підвищення якості отримуваних деталей та виробів в цілому.

Для досягнення даних задач на виробництвах проводиться реорганізація. Якщо більш точніше, то:

- купується та вводиться в експлуатацію сучасне обладнання;
- проводиться удосконалення конструкції деталей та виробів які виготовляють;
- велике значення надається посиленню норм точності та підвищенню запасу міцності деталі, що у свою чергу впливає на підвищення експлуатаційного часу виробу.

Щоб провести зниження собівартості виробу в цілому та окремих його складових необхідно переглядати повністю увесь ТП виробництва, тобто проводити його повну або часткову автоматизацію.

Автоматизація ТП проводиться за рахунок підбору менш економічно-витратних методів отримання заготовки, перерахунку режимів різання та норм часу, впровадження у виробництво автоматизованих робочих та допоміжних пристроїв.

З урахуванням особливостей виготовлення тонкостінних виробів та усього перерахованого вище, було вдосконалено ТП виготовлення деталі «Кришка підшипника» з використанням новітнього обладнання та автоматизованих пристосувань.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Під час написання магістерської роботи проводиться вдосконалення ТП виготовлення деталі – «Кришка підшипника» (рис. 1.1), яка відноситься до тонкостінних деталей опорного вузла.

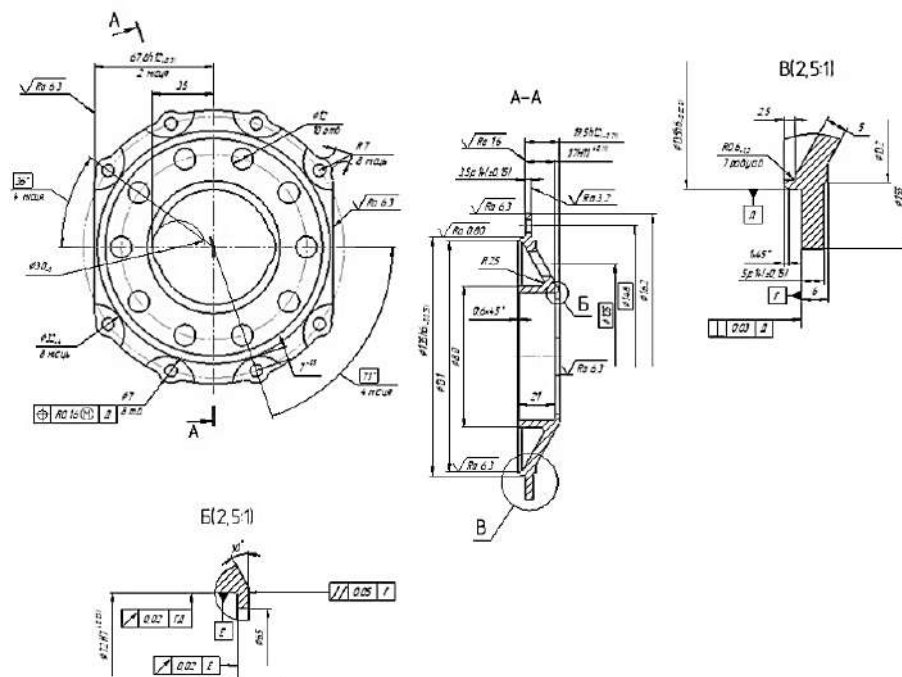


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі - «Кришка підшипника»

Деталь «Кришка підшипника» встановлюється у компресор двигуна АІ-20 (рис. 1.2).

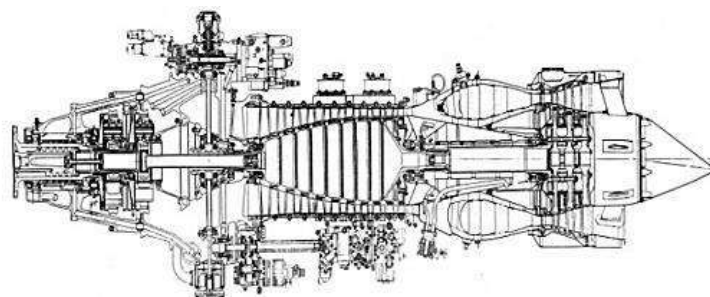


Рисунок 1.2 – Ескіз двигуна АІ-20

AI-20 – одновальний турбогвинтовий авіадвигун з осьовим 10-ступеневим компресором, кільцевою камерою згоряння, триступеневою турбіною, планетарним редуктором, нерегульованим реактивним соплом. Двигун працює з флюгерним гвинтом змінюваного кроку лівого обертання. Як паливо використовується авіаційний гас марок Т-1, ТС-1, РТ [1].

Двигун AI-20 складається з наступних основних вузлів: планетарного редуктора; осьового 10-ступеневого компресора; триступеневої осьової турбіни; нерегульованого реактивного сопла; кільцевої камери згоряння; агрегатів, які обслуговують роботу двигуна і літака; лобового картера [2].

Підшипник використовується у середині корпусу компресора і на нього спирається ротор.

1.1.1 Матеріал деталі та його властивості

Корпус підшипника виготовляється зі сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Хімічний склад та механічні властивості сталі наведені у таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1 – Хімічні і механічні властивості сплаву 18ХГТ

Хімічний склад матеріалу, %				
мідь, Cu	вуглець, C	кремній, Si	марганець, Mn	нікель, Ni
≤ 0.3	0.17-0.23	0.17-0.37	0.8-1.1	≤ 0.3
сірка, S	фосфор, P	хром, Cr	титан, Ti	
≤ 0.035	≤ 0.035	1-1.3	0.03	
Механічні властивості				
межа міцності при розтягуванні σ _в , МПа	межа пропорційності σ _т , МПа	відносне подовження після розриву δ _к , %	твердість НВ, МПа	коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/(м ·град)
				щільність матеріалу ρ, кг/м ³
				модуль ружності першого роду Е · 10 ⁻⁴ Н/мм ²
				питома єплоємність матеріалу С, Дж/(кг·град)
				відносне звуження ψ, %
980	885	9	217	37
			7800	2.11
			495	50

Сталь 18ХГТ – це конструкційна легована сталь. Її використовують для

виготовлення деталей відповідального призначення, що покращуються або цементуються, від яких потрібна підвищена міцність і в'язкість серцевини, а також висока поверхнева твердість, і які працюють під дією ударних навантажень.

1.1.2 Термообробка

Термічну обробку при виготовленні деталей спеціально проводять для покращення властивостей матеріалу, з якого виготовляється деталь.

При виготовленні деталі «Кришка підшипника» проводиться термічна обробка, точніше загартування та відпуск. Вони проводяться при таких параметрах [3]:

- загартування – температура 850 °С, охолодження у маслі;
- відпуск – температура 200 °С, охолодження на повітрі або у воді.

Загартування являє собою термічну обробку різних матеріалів, що полягає в нагріванні їх вище за критичну температуру з швидким подальшим охолодженням. Виконується для отримання неврівноважних структур із підвищеною швидкістю охолодження. Загартування може бути як з поліморфним перетворенням, так і без нього [4].

Відпуск – це технологічний процес, суть якого полягає у термічній обробці загартованого на мартенсит металу, основними процесами, у якому є розпад мартенситу, рекристалізація та полігонізація. Проводиться з метою зняття внутрішнього напруження, для надання матеріалу необхідних експлуатаційних та механічних властивостей [4].

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Першим етапом на шляху розробки ТП стає вибір типу виробництва і форми організації робіт.

Тип виробництва визначається за такими даними. як:

- річна програма випуску - $N = 5000$ шт;
- маса деталі - $m = 0.711$ кг (рис. 1.3).

Для визначення маси деталі використовуємо модуль програми КОМПАС-3D. Маса деталі та її 3D-модель вказано на рисунку 1.3.

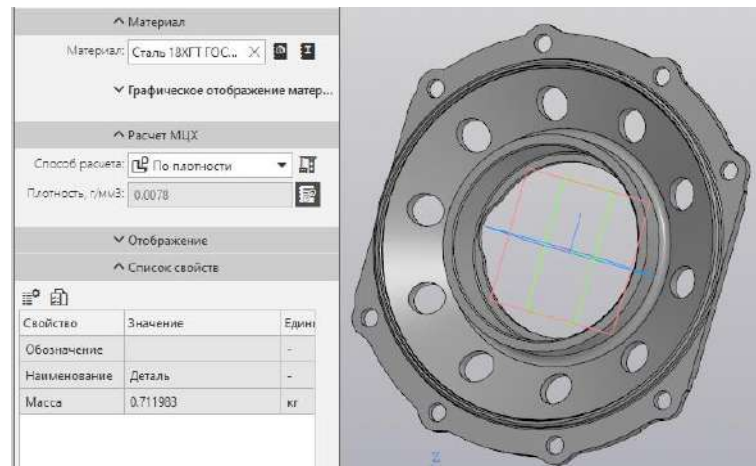


Рисунок 1.3 – 3D-модель деталі з її масою

Попередньо, враховуючи масу деталей та річну програму випуску приймаємо тип виробництва – багатосерійний.

Також необхідно визначити кількості деталей у партії згідно формули (1.1):

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi_d}, \text{ шт} \quad (1.1)$$

де a - періодичність запуску деталей у виробництво:

$a = 3, 5, 10, 20, 60, 125$ днів;

Φ_d – кількість робочих днів у 2023 році: $\Phi_d = 254$ днів;

$$n = \frac{10 \cdot 5000}{254} = 196.85 \text{ шт}$$

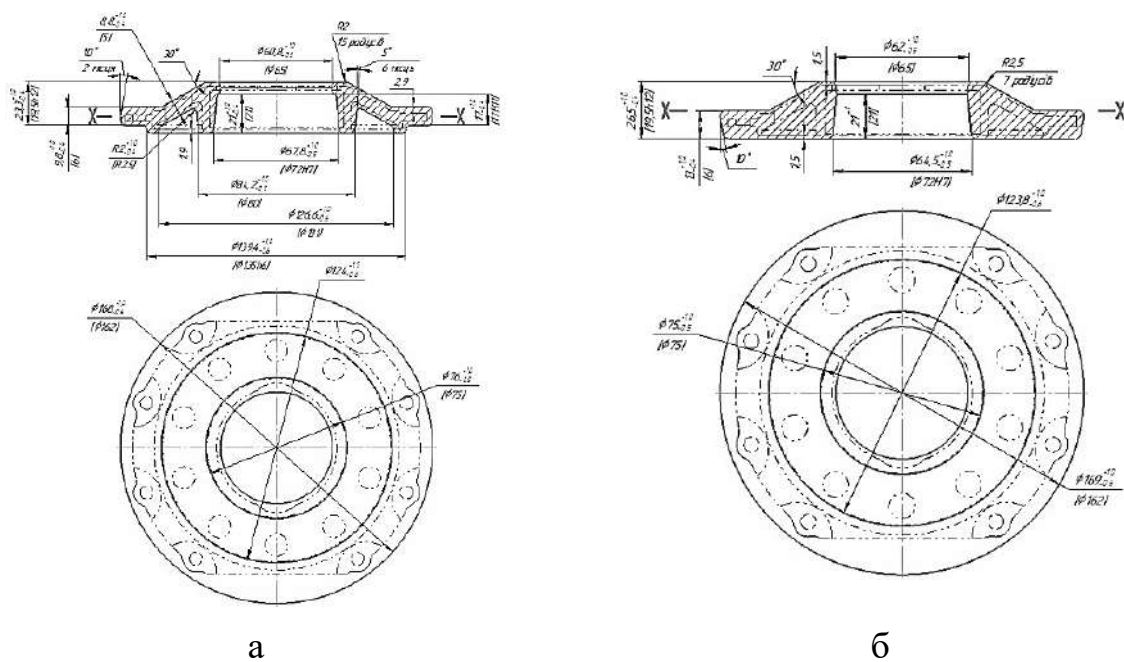
Приймаємо: $n = 197$ шт.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для виготовлення деталі «Кришка підшипника» пропонується провести порівняння таких двох методів отримання заготовки, як:

- штампування на кривошипному гаряче-штампувальному пресі (КГШП);
- на молоті у відкритому штампі.

Виходячи з [5,ст.12,табл.1.3] для обох видів заготовок підбираємо попередньо припуски та показуємо ескізи заготовок, і 3D-моделі на рисунках 1.4 та 1.5, відповідно.



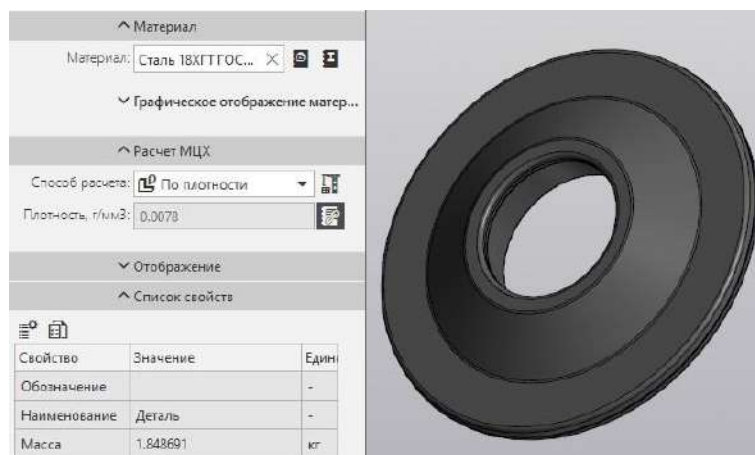
де B_B – базова вартість виготовлення 1 т. заготовки згідно [5,ст.13,табл.1.4], грн;

K – коефіцієнт, враховуючий додаткові параметри згідно [5,ст.17-18,табл.1.24-1.28];

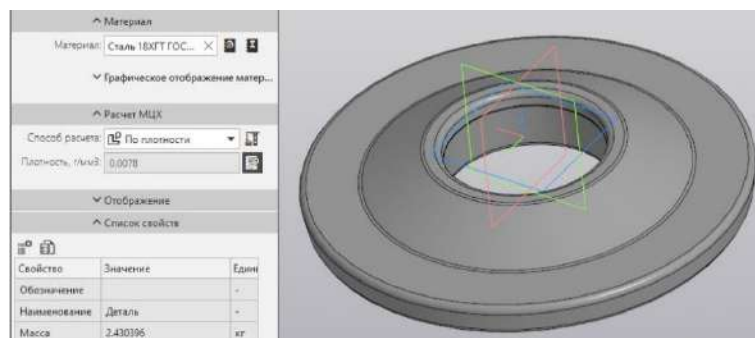
$B_{СТР}$ – вартість 1т. стружки згідно [5,ст.13,табл.1.5], грн.

$$B_1 = \frac{3150}{1000} \cdot 1.86 \cdot 1 \cdot 1.22 \cdot 0.87 \cdot 1.14 \cdot 1 - (1.85 - 0.711) \cdot \frac{140}{1000} = 2.87 \text{ грн}$$

$$B_2 = \frac{3150}{1000} \cdot 2.45 \cdot 1 \cdot 1.22 \cdot 0.87 \cdot 1.14 \cdot 1 - (2.43 - 0.711) \cdot \frac{140}{1000} = 2.95 \text{ грн}$$



а



б

Рисунок 1.5 – 3D-моделі заготовок з масою (а – КГШП, б – молот)

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) під час виготовлення деталі за формулою (1.3):

$$\eta = \frac{m}{M} \quad (1.3)$$

де m – маса деталі, кг;

M – маса заготовки, кг.

$$\eta_1 = \frac{0.711}{1.85} = 0.38$$

$$\eta_2 = \frac{0.711}{2.43} = 0.29$$

Провівши потрібні розрахунки проводимо порівняння вибраних методів отримання заготовки:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{КГШП}} = 0.38 &> \eta_{\text{МОЛОТ}} = 0.29 \\ V_{\text{КГШП}} = 2.87 \text{ грн} &< V_{\text{МОЛОТ}} = 2.95 \text{ грн} \end{aligned}$$

Провівши порівняння можливо сказати, що для виготовлення деталі потрібно використовувати – КГШП, так як ціна за одну заготовку нижча, а КВМ вищій.

Усі дані та результати розрахунків зносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльні показники методів одержання заготівлі

Показник		Метод одержання заготівлі	
		КГШП	МОЛОТ
Вага заготовки M , кг		1.85	2.43
Базова вартість 1 т. заготовки V_B , грн		3150	
Коефіцієнти	K_T	1	
	K_M	1.22	
	K_C	0.87	
	K_B	1.14	
	K_P	1	
Вартість 1 т. стружки $V_{СТР}$, грн.		140	
Вартість 1-ї заготовки V , грн.		2.87	2.95
KIM η		0.38	0.29

Проводимо розрахунок річного заощадження від вибраного способу отримання заготовки згідно формули (1.4):

$$E_B = (D_{32} - D_{31}) \cdot N, \text{ грн} \quad (1.4)$$

$$E_B = (2.95 - 2.87) \cdot 5000 = 406 \text{ грн}$$

1.4 Проєктування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Креслення і технічні умови на виготовлення і контроль якості виробів потрібно піддавати аналізу з погляду технологічності конструкції виробу [6].

Технологічність конструкції виробу (ТКВ) розглядається як сукупність властивостей конструкції виробу, які визначають її пристосованість до досягнення оптимальних затрат праці, коштів, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того самого призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умовах виготовлення, експлуатації та ремонту.

Перевірна на ТКВ виконується за ескізом деталі з технологічною нумерацією поверхонь (рис. 1.6).

Виконую якісну оцінку деталі:

- деталь відноситься до класу опорних;
- геометричні форми деталі складні, деталь тонкостінна, але є можливість застосування високопродуктивного обладнання та інструменту;
- є можливість безпосереднього виміру заданих на кресленні розмірів;
- форма отвору доволі проста, що не ускладнює подальшу обробку;
- тонкостінність деталі робить її нежорсткою, що треба враховувати при її обробці;
- є можливість застосування стандартного та стандартизованого інструменту.

Вихідні данні для виконання кількісної оцінки занесені до таблиці 1.3.

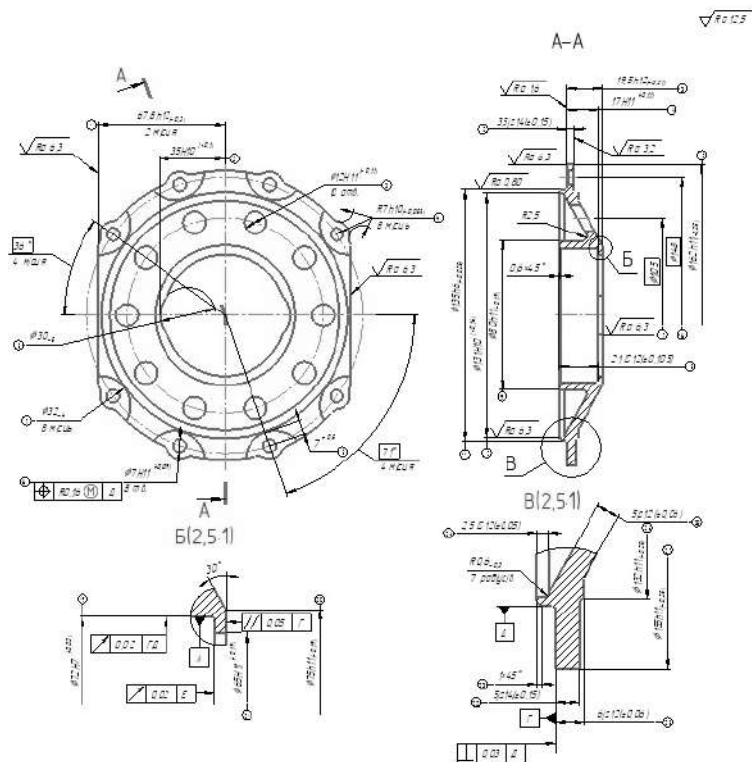


Рисунок 1.6 – Технологічна нумерація поверхонь

Таблиця 1.3 – Аналіз деталі на технологічність

№ розміру	Розмір	Квалітет	Шорсткість	Уніфікація
1	2	3	4	5
1	67.8 _{-0.3}	h12	6.3/4	+
2	35 ^{+0.1}	H10	12.5/3	+
3	Ø12 ^{+0.11}	H11	12.5/3	+
4	R7 _{-0.058}	h10	12.5/3	+
5	7 ^{+0.5}	IT14	12.5/3	-
6	7 ^{+0.09}	H11	12.5/3	+
7	Ø32 ₋₄	IT18	12.5/3	-
8	Ø30 ₋₅	IT18	6.3/4	-
9	Ø80 _{-0.19}	h11	12.5/3	+
10	Ø131 ^{+0.16}	H10	6.3/4	+
11	Ø135 _{-0.025}	h6	0.8/7	+
16	Ø148		12.5/3	-
17	Ø105		12.5/3	-
18	21±0.105	JS12	12.5/3	+
19	Ø72 ^{+0.03}	H7	12.5/3	-
20	Ø75 _{-0.19}	h11	12.5/3	+
21	Ø65 ^{+0.19}	H11	12.5/3	+

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
22	5±0.15	js14	12.5/3	+
23	2.5±0.05	JS12	12.5/3	+
24	5±0.06	js12	12.5/3	+
25	Ø132 _{-0.25}	h11	12.5/3	+
26	Ø155 _{-0.25}	h11	12.5/3	+
27	6±0.06	js12	12.5/3	+

Проводимо розрахунок кількісної оцінки за формулою (1.5):

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ун}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} > 0.6 \quad (1.5)$$

де $K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності деталі;

$K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості деталі;

$K_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікованих елементів деталі, розраховується за формулою (1.6):

$$K_{\text{ун}} = \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\Sigma}} \geq 0.6 \quad (1.6)$$

де $n_{\text{ун}}$ – кількість уніфікованих елементів;

n_{Σ} – загальна кількість елементів.

$$K_{\text{ун}} = \frac{20}{27} = 0.74 \geq 0.6$$

Коефіцієнт точності деталі, розраховується за формулою (1.7):

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}} \geq 0.6 \quad (1.7)$$

де $A_{\text{сер}}$ – середній квалітет точності, розраховую його за наступною формулою (1.8):

$$A_{\text{сер}} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + n \cdot n_n}{n_{\Sigma}} > 0.6 \quad (1.8)$$

де $n_{1...n}$ – кількість розмірів, які мають даний квалітет;

n_{Σ} – загальна кількість елементів.

$$A_{\text{сер}} = \frac{18 \cdot 2 + 14 \cdot 3 + 12 \cdot 8 + 11 \cdot 9 + 10 \cdot 3 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 1}{28} = 11.29$$

За формулою (1.7) розраховуємо коефіцієнт точності деталі:

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{11.29} = 0.91 \geq 0.6$$

Коефіцієнт шорсткості деталі, розраховується за формулою (1.9):

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}} \geq 0.6 \quad (1.9)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середній квалітет шорсткості деталі, розраховую його за наступною формулою (1.10):

$$B_{\text{сер}} = \frac{K_1 \cdot n_1 + K_2 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{n_{\Sigma}} > 0.6 \quad (1.10)$$

де $K_{1...7}$ – клас шорсткості;

n_{Σ} – загальна кількість елементів.

$$B_{\text{сер}} = \frac{3 \cdot 22 + 4 \cdot 3 + 5 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{28} = 3.21$$

За формулою (1.9) розраховуємо коефіцієнт шорсткості деталі:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{3.21} = 0.69 \geq 0.6$$

За формулою (1.5) розраховуємо кількісну оцінку:

$$K_{\text{тех}} = \frac{0.74 + 0.91 + 0.69}{3} = 0.78 > 0.6$$

Дивлячись на результати розрахунку кількісної та якісної оцінки деталей нетехнологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Проектування маршруту обробки поверхонь (МОП) являє собою складну задачу у якій є декілька варіантів рішень, технологу потрібно вибрати більш економічно вигідніший.

Загальна схема ТП виготовлення деталі може бути представлена у вигляді послідовних наближень до показників деталі відповідно до вимог креслення [7].

Загальні етапи обробки: заготівельна операція; термічна обробка (Т/О); чорнова обробка; чистова обробка; оздоблювальні роботи.

Під час встановлення загальної послідовності обробки спочатку обробляють поверхні, прийняті за технологічні бази. Потім обробляють інші поверхні в послідовності, зворотній ступеню їх точності [7].

Провидимо детальну розробку МОП для двох поверхонь (рис. 1.6), а для інших поверхонь занесемо данні у загальну таблицю 1.4.

Поверхня циліндрична зовнішня – 11.

Вихідні дані:

1) деталі: розмір - $\varnothing 135h6_{(-0.025)}$; квалітет – h6; шорсткість – Ra0.8; допуск – Td=0.025 мм;

2) заготовка: квалітет – IT15; шорсткість – Ra25; допуск – Td=1.6 мм.

Загальне уточнення визначаємо за формулою (1.11):

$$\varepsilon_{Ra(d),(\Delta)} = \frac{Ra_{заг.}(Td_{заг.}), (\Delta_{заг.})}{Ra_{дет.}(Td_{дет.}), (\Delta_{дет.})} \quad (1.11)$$

де $Ra_{заг.}$, $Ra_{дет.}$ – шорсткість заготовки та деталі відповідно;

$Td_{\text{заг.}}, Td_{\text{дет.}}$ – точність заготовки та деталі відповідно;

$\Delta_{\text{заг.}}, \Delta_{\text{дет.}}$ – відхилення заготовки та деталі відповідно;

$$\varepsilon_d = \frac{1.6}{0.025} = 64 \qquad \varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0.8} = 31.25$$

Визначення кількості переходів проводимо, за більшим з розрахованих уточнень, по формулі (1.12):

$$k \approx 2 \cdot \lg \varepsilon \qquad (1.12)$$

де ε – більше за розрахунком уточнення.

$$k = 2 \cdot \lg(64) = 3.61$$

Приймаємо кількість переходів: $k = 4$.

Розраховуємо різницю показників за формулою (1.13):

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{кв}} &= Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}} \\ \Delta_{\text{кв}} &= 15 - 4 = 9 \quad (3 + 3 + 2 + 1) \end{aligned} \qquad (1.13)$$

Виходячи з кількості переходів та різності показників уточнюємо послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

$$\begin{aligned} \text{ППТЯ}_{Td} &= IT15 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow h7 \rightarrow h6 \\ \text{ППТЯ}_{Ra} &= Ra25 \rightarrow Ra6.3 \rightarrow Ra3.2 \rightarrow Ra1.6 \rightarrow Ra0.8 \end{aligned}$$

З даних наведених вище складаємо МОП:

- 1) заготівельна операція - IT15, $Td=1.6$ мм, Ra25 мкм;
- 2) Т/О – загартування та відпуск;
- 3) токарна чорнова операція - h12, $Td=0.4$ мм, Ra6.3 мкм;
- 4) токарна напівчистова операція – h9, $Td=0.1$ мм, Ra3.2 мкм;
- 5) токарна чистова операція – h7, $Td=0.04$ мм, Ra1.6 мкм;

б) шліфувальна операція – h6, Td=0.025 мм, Ra0.8 мкм.

Розраховуємо уточнення за кожним переходом окремо за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{Ra_i(d_i),(\Delta_i)} = \frac{Ra_{i-1}(Td_{i-1}), (\Delta_{i-1})}{Ra_1(Td_1), (\Delta_1)} \quad (1.14)$$

де $Ra_{заг}$, $Ra_{дет}$ – шорсткість заготовки та деталі відповідно;

$Td_{заг}$, $Td_{дет}$ – точність заготовки та деталі відповідно;

$\Delta_{заг}$, $\Delta_{дет}$ – відхилення заготовки та деталі відповідно;

$$\begin{aligned} \varepsilon_{d_3} &= \frac{1.6}{0.4} = 4 & \varepsilon_{Ra_3} &= \frac{25}{6.3} \approx 4 \\ \varepsilon_{d_4} &= \frac{0.4}{0.1} = 4 & \varepsilon_{Ra_4} &= \frac{6.3}{3.2} \approx 2 \\ \varepsilon_{d_5} &= \frac{0.1}{0.04} = 2.5 & \varepsilon_{Ra_5} &= \frac{3.2}{1.6} = 2 \\ \varepsilon_{d_6} &= \frac{0.04}{0.025} = 1.6 & \varepsilon_{Ra_6} &= \frac{1.6}{0.8} = 2 \end{aligned}$$

Проводимо перевірку за формулою (1.15):

$$\varepsilon_{oTd(Ra),(\Delta)} = \prod_{i=1}^k \Sigma \varepsilon_i \geq \varepsilon_o \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{oTd} = 4 \cdot 4 \cdot 2.5 \cdot 1.6 = 64 \geq 64$$

$$\varepsilon_{oRa} = 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 32 \geq 31.25$$

Поверхня циліндрична внутрішня – 10.

Вихідні дані:

1) деталі: розмір - $\emptyset 131H10^{(+0.16)}$; квалітет – H10; шорсткість – Ra6.3;
допуск – Td=0.16 мм;

2) заготовка: квалітет – IT15; шорсткість – Ra25; допуск – Td=1.6 мм.

Загальне уточнення визначаємо за формулою (1.11):

$$\varepsilon_d = \frac{1.6}{0.16} = 10$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{6.3} = 3.97$$

Визначення кількості переходів проводимо, за більшим з розрахованих уточнень, по формулі (1.12):

$$k = 2 \cdot \lg(10) = 2$$

Приймаємо кількість переходів: $k = 2$.

Розраховуємо різницю показників за формулою (1.13):

$$\Delta_{\text{кв}} = 15 - 10 = 5 \quad (3+2)$$

Виходячи з кількості переходів та різності показників, уточнюємо послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

$$\text{ППТЯ}_{\text{Td}} = \text{IT15} \rightarrow \text{H12} \rightarrow \text{H10}$$

$$\text{ППТЯ}_{\text{Ra}} = \text{Ra25} \rightarrow \text{Ra12.5} \rightarrow \text{Ra6.3}$$

З даних, наведених вище, складаємо МОП:

- 1) заготівельна операція - IT15, Td=1.6 мм, Ra25 мкм;
- 2) Т/О – загартування та відпуск;
- 3) розточувальна чорнова операція - H12, Td=0.4 мм, Ra12.5 мкм;
- 4) розточувальна чистова операція – H10, Td=0.16 мм, Ra6.3 мкм.

Розраховуємо уточнення за кожним переходом окремо за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{d_3} = \frac{1.6}{0.4} = 4$$

$$\varepsilon_{Ra_3} = \frac{25}{12.5} = 2$$

$$\varepsilon_{d_4} = \frac{0.4}{0.16} = 2.5$$

$$\varepsilon_{Ra_4} = \frac{12.5}{6.3} \approx 2$$

Проводимо перевірку за формулою (1.15):

$$\varepsilon_{oTd} = 4 \cdot 2.5 = 10 \geq 10$$

$$\varepsilon_{oRa} = 4 \cdot 2 = 8 \geq 3.97$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.4.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Для виготовлення кожної деталі необхідно скласти маршрут її виготовлення. Маршрут виготовлення деталі (МВД) «Кришка підшипника» містить різноманітні операції такі, як: токарні, свердлильні, фрезерні та шліфувальні, слюсарні, контрольні та операції спеціально призначення.

При вдосконаленні базового ТП враховували зміну способу виготовлення заготовки, особливості обробки тонкостінних деталей такого типу розміру, нові сучасні верстати тощо.

Повний МВД наведено у графічній частині дипломного проєкту.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для проведення механічної обробки необхідно знати операційні розміри, які будуть отримуватись на операціях.

Проводимо розрахунки на три поверхні докладно, а на інші поверхні заносимо дані у таблицю 1.5 для розрахунку припусків і технологічні розміри.

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4		5	6		7			8		
пов. 17 - Ø75h11 _(-0.19) х30° конічна зовнішня Деталь: Ra12.5 Заготовка: Ra25, IT15, Td=1.5	Td	7.9	1.79	2	IT15	1	Заготовка	1.5	25	-	-	-	-
					-	2	T/O	-	-	-	-	-	-
	Ra	2			h12	3	Точіння чорнове	0.3	12.5	-	5	2	-
	Δ	-			h11	4	Точіння чистове	0.19	6.3	-	1.6	2	-
	Перевірка:											8	4
пов. 18 - Ø65H11 ^(+0.19) циліндрична внутрішня Деталь: Ra12.5 Заготовка: Ra25, IT15, Td=1.5	Td	7.9	1.79	2	IT15	1	Заготовка	1.5	25	-	-	-	-
					-	2	T/O	-	-	-	-	-	-
	Ra	2			H12	3	Розточування чорнове	0.3	12.5	-	5	2	-
	Δ	-			H11	4	Розточування чистове	0.19	6.3	-	1.6	2	-
	Перевірка:											8	4
пов. 19 - Ø72H7 ^(+0.03) циліндрична внутрішня Деталь: Ra12.5, ↗ 0.02 Заготовка: Ra25, IT15, Td=1.5, ↗ 0.45	Td	50	3.4	3	IT15	1	Заготовка	1.5	25	0.45	-	-	-
					-	2	T/O	-	-	-	-	-	-
	Ra	2			H11	3	Розточування чорнове	0.19	12.5	0.1	7.9	2	4.5
					H9	4	Розточування напівчистове	0.074	6.3	0.04	2.6	2	2.5
	Δ	22.5			H7	5	Розточування чистове	0.03	3.2	0.02	2.5	2	2
	Перевірка:											51.4	8
пов. 20 - 21js12(±0.105) плоска внутрішня Деталь: Ra12.5, ↗ 0.02 Заготовка: Ra25, IT17, Td=1.4, ↗ 0.45	Td	6.7	2.7	3	IT17	1	Заготовка	1.4	25	0.45	-	-	-
					-	2	T/O	-	-	-	-	-	-
	Ra	2			H14	3	Розточування чорнове	0.52	12.5	0.1	2.7	2	4.5
					H13	4	Розточування напівчистове	0.33	6.3	0.04	1.6	2	2.5
	Δ	22.5			js12	5	Розточування чистове	0.21	3.2	0.02	1.6	2	2
	Перевірка:											6.9	8

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4		5	6			7			8		
пов. 21 - 19.5h12 _(-0.21) плоска зовнішня Деталь: Ra12.5, //0.05 Заготовка: Ra25, IT17, Td=1.4, //0.5	Td	6.7	2	2	IT17	1	Заготовка		1.4	25	0.5	-	-	-
					-	2	T/O		-	-	-	-	-	-
	Ra	2			h14	3	Точіння чорнове		0.52	12.5	0.1	2.7	2	5
	Δ	10			h12	4	Точіння чистове		0.21	6.3	0.05	2.5	2	2
	Перевірка:											6.75	4	10
- пов. 22 - Ø132h11 _(-0.5) , циліндрична зовнішня Деталь: Ra12.5	Td	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ra	-			-	1	T/O	-	-	-	-	-	-	-
					h11	2	Точіння чистове	0.21	12.5	-	-	-	-	
	Перевірка:											-	-	-
пов. 23 - 5js14(±0.15) плоска зовнішня Деталь: Ra12.5	Td	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ra	-			-	1	T/O	-	-	-	-	-	-	-
	Δ	-			js14	2	Точіння чистове	0.21	12.5	-	-	-	-	-
	Перевірка:											-	-	-
пов. 24 - 2.5js12(±0.05) плоска внутрішня Деталь: Ra12.5	Td	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ra	-			-	1	T/O	-	-	-	-	-	-	-
	Δ	-			js12	2	Розточування чистове	0.1	12.5	-	-	-	-	-
	Перевірка:											-	-	-
пов. 25 - 5js12(±0.06)х30° конічна внутрішня Деталь: Ra12.5 Заготовка: Ra25, IT17, Td=1.4	Td	11.7	2.14	2	IT17	1	Заготовка		1.4	25	-	-	-	-
					-	2	T/O		-	-	-	-	-	-
	Ra	2			H14	3	Розточування чорнове		0.36	12.5	-	3.9	2	-
	Δ	-			js12	4	Розточування чистове		0.12	6.3	-	3	2	-
	Перевірка:											11.7	4	-

Поверхня циліндрична внутрішня – №10.

Мінімальні припуски визначаємо за формулою (1.16) за розрахунково-аналітичним методом:

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \text{ мкм} \quad (1.16)$$

де Rz, h, ε – параметри якості поверхні та похибка на встановлення згідно з [8, ст.186, табл.12,24].

ρ – просторове відхилення заготовки, яке визначається за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ мм} \quad (1.17)$$

де $\rho_{зм}$ – зміщення поверхні, визначається згідно з [8, ст.187, табл.18];

$\rho_{кор}$ – короблення поверхні, яке розраховується за формулою (1.18):

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot l, \text{ мм} \quad (1.18)$$

де $\Delta_{кор}$ – питоме короблення, визначається згідно з [8, ст.187, табл.20];

l – довжина поверхні, мм.

$$, \rho_{кор} = 0.3 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = 0.00075 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок просторового відхилення заготовки за формулою (1.17):

$$\rho_1 = \sqrt{1^2 + 0.00075^2} = 1 \text{ мм} \approx 1000 \text{ мкм}$$

Просторові відхилення для інших механічних переходів визначаємо за формулою (1.19):

$$\rho_i = K_y \cdot \rho_{i-1}, \text{ мкм} \quad (1.19)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення, визначається згідно з [8,ст.190,табл.29];

ρ_{i-1} - просторове відхилення попереднього переходу, мкм.

$$\rho_3 = 0.06 \cdot 1000 = 60 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0.05 \cdot 60 = 3 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски визначаємо за формулою (1.16):

$$2Z_3^{min} = 2 \left[(125 + 120) + \sqrt{1000^2 + 100^2} \right] = 2496 \text{ мкм}$$

$$2Z_4^{min} = 2 \left[(40 + 40) + \sqrt{60^2 + 80^2} \right] = 316 \text{ мкм}$$

Максимальні припуски визначаємо за формулою (1.20):

$$2Z_i^{max} = Td_{i-1} + 2Z_i^{min} + Td_i, \text{ мм} \quad (1.20)$$

де Td_i, Td_{i-1} – допуск даного та попереднього переходів відповідно, мм;

$2Z_i^{min}$ – мінімальний припуск даного переходу, мм.

$$2Z_3^{max} = 1.6 + 2.496 + 0.4 = 4.496 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0.4 + 0.316 + 0.16 = 0.876 \text{ мм}$$

Номінальні припуски розраховуємо за формулою (1.21):

$$2Z_i^H = 2Z_i^{min} + Td_{i+1}, \text{ мм} \quad (1.21)$$

$$2Z_3^H = 2.496 + 0.6 = 3.096 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0.316 + 0.4 = 0.716 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок номінального розміру згідно переходів за формулою (1.22):

$$d_i^H = d_{i+1} \pm 2Z_i^H, \text{ мм} \quad (1.22)$$

$$d_4^H = 131 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 131 - 0.716 = 130.284 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 130.284 - 3.096 = 127.187 \text{ мм}$$

Для проведення перевірки необхідно провести розрахунок загального номінального припуску за формулою (1.23):

$$2Z_0^H = \sum_{i=2}^k 2Z_i^H, \text{ мм} \quad (1.23)$$

$$2Z_0^H = 3.096 + 0.716 = 3.813 \text{ мм}$$

Тепер необхідно провести перевірку за рівнянням (1.24):

$$2Z_0 = D_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}}^H \quad (1.24)$$

$$3.813 \text{ мм} = 131 - 127.187 = 3.813 \text{ мм}$$

Схему припусків показано на рисунку 1.8. Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.5.

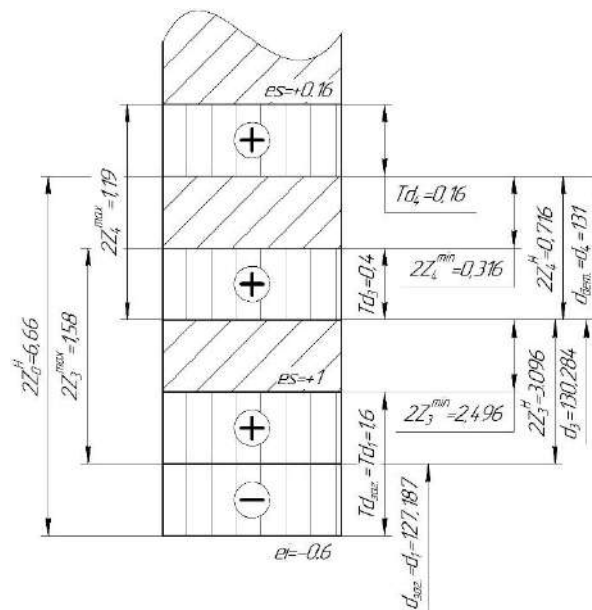


Рисунок 1.8 – Розрахункова схема для поверхні 10

Поверхня циліндрична зовнішня – №11.

Мінімальний припуск визначаємо за формулою (1.25) метода коефіцієнта співвідношення припусків:

$$2Z_i^{min} = \gamma_i \cdot 2Z_o^{min}, \text{ мм} \quad (1.25)$$

де γ_i – коефіцієнт співвідношення;

Z_o^{min} - загальний припуск, згідно з [5, ст.12, табл.1.3].

$$2Z_3^{min} = 0.7 \cdot 2 \cdot 2.1 = 2.94 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{min} = 0.2 \cdot 2 \cdot 2.1 = 0.84 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{min} = 0.07 \cdot 2 \cdot 2.1 = 0.294 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{min} = 0.03 \cdot 2 \cdot 2.1 = 0.126 \text{ мм}$$

Максимальний припуск визначаємо за формулою (1.20):

$$2Z_3^{max} = 1.6 + 0.4 + 2.94 = 4.94 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0.4 + 0.1 + 0.84 = 1.34 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 0.1 + 0.04 + 0.294 = 0.434 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 0.0 + 0.025 + 0.126 = 0.191 \text{ мм}$$

Номінальний припуск розраховуємо за формулою (1.21):

$$2Z_3^H = 2.94 + 1 = 3.94 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0.4 + 0.84 = 1.24 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 0.1 + 0.434 = 0.534 \text{ мм}$$

$$2Z_6^H = 0.04 + 0.126 = 0.166 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок номінального розміру за окремими переходами по формулі (1.22):

Таблиця 1.5 – Припуски та технологічні розміри

№ пер	МОП	Відхилення		Елементи припуску				Граничні значення припуску мм		Номінальні значення припуску та розміри, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
i		Es(es)	Ei(ei)	Rz	h	ρ	ε	2Z ^{max}	2Z ^{min}	2Z ^H	2d ^H	
Поверхня 8 – циліндрична зовнішня. Параметри деталі: Ø259.6h10 _(-0.21) ; Ra3.2мкм; Td=0.21мм. Параметри заготовки: Ra 12.5 мкм; IT17; Td = 3.6 мм.												
1	Заготовка	+1	-0.6	125	120	1000	0	-	-	-	127.18 7	Ø127.19 ⁺¹ _{-0.6}
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	—
3	Розточування чорнове	+0.4	-	40	40	60	80	4.496	2.49 6	3.09 6	130.28 4	Ø130.28 ^{+0.4}
4	Розточування чистове	+0.16	-	5	5	0	50	0.876	0.31 6	0.71 6	131	Ø131 ^{+0.16}

$$d_6^H = 135 \text{ мм}$$

$$d_5^H = 135 + 0.166 = 135.166 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 135.166 + 0.394 = 135.56 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 135.56 + 1.24 = 136.8 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 136.8 + 3.94 = 140.74 \text{ мм}$$

Розраховуємо загальний номінальний припуск за формулою (1.23):

$$ZZ_0^H = 3.94 + 1.24 + 0.394 + 0.166 = 5.74 \text{ мм}$$

Проводимо перевірку за рівнянням (1.24):

$$5.74 \text{ мм} = 140.74 - 135 = 5.74 \text{ мм}$$

На рисунку 1.9 показуємо схематично проведені розрахунки.

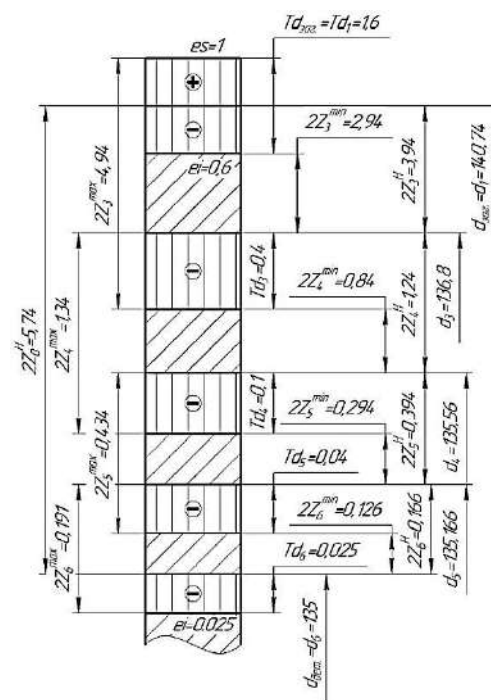


Рисунок 1.9 – Розрахункова схема для поверхні 11

Поверхня циліндрична зовнішня – №17.

Мінімальний припуск визначаємо за формулою (1.25):

$$2Z_3^{min} = 0.7 \cdot 2 \cdot 2.1 = 2.94 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{min} = 0.3 \cdot 2 \cdot 2.1 = 1.26 \text{ мм}$$

Максимальний припуск визначаємо за формулою (1.20):

$$2Z_3^{max} = 1.5 + 0.3 + 2.94 = 4.74 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0.3 + 0.19 + 1.26 = 1.75 \text{ мм}$$

Номінальний припуск розраховуємо за формулою (1.21):

$$2Z_3^H = 2.94 + 1 = 3.94 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0.3 + 1.26 = 1.56 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок номінального розміру за окремими переходами по формулі (1.22):

$$d_4^H = 75 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 75 + 1.56 = 76.56 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 76.56 + 3.94 = 80.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо загальний номінальний припуск за формулою (1.23):

$$2Z_0^H = 3.94 + 1.56 = 5.5 \text{ мм}$$

Проводимо перевірку за рівнянням (1.24):

$$5.5 \text{ мм} = 80.5 - 75 = 5.5 \text{ мм}$$

На рисунку 1.10 показуємо схематично проведені розрахунки. Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

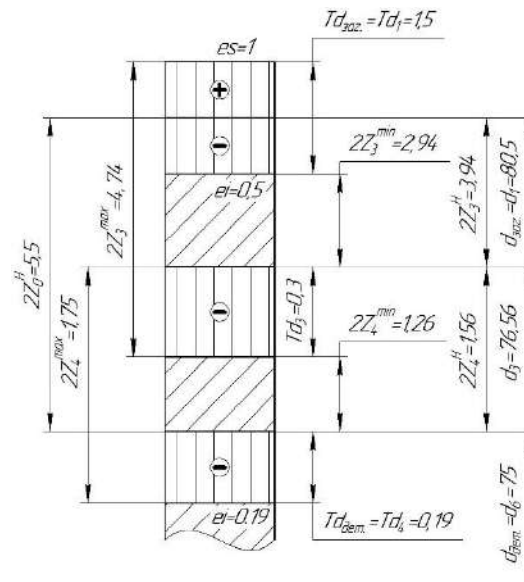


Рисунок 1.10 – Розрахункова схема для поверхні 17

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція – 025 токарна з ЧПК

Вихідними даними для проведення розрахунку режимів різання є операційний ескіз, механічні та хімічні властивості матеріалу із якого виготовляють деталь, характеристики інструменту та верстату.

Операційний ескіз наведено на рисунку 1.11, характеристики верстату та інструменту наведені у таблиці 1.7.

Етапи виконання операції:

- перехід 1 – точити пов. 1, 2;
- перехід 2 – розточувати пов. 3, 4.

Таблиця 1.6 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам

Параметри поверхні	МОП		Відхилення		Граничні значення припусків, мм		Номінальні значення припусків та розміри, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
			Es(es)	Ei(ei)	$2Z^{\max}$	$2Z^{\min}$	$2Z^H$	$2d^H$	
1	2		3		4		5		6
Пов. 11 – циліндрична зовнішня, $\emptyset 135h6_{(-0.025)}$	1	Заготовка	+1	-0.6	-	-	-	$\emptyset 140.74$	$\emptyset 140.7^{+1}_{-0.6}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	-	-0.4	4.94	2.94	3.94	$\emptyset 136.8$	$\emptyset 136.8h12_{(-0.4)}$
	4	Точіння напівчистова	-	-0.1	1.34	0.84	1.24	$\emptyset 135.56$	$\emptyset 135.6h9_{(-0.1)}$
	5	Точіння чистове	-	-0.04	0.434	0.294	0.394	$\emptyset 135.166$	$\emptyset 135.2h7_{(-0.04)}$
	6	Шліфування	-	-0.025	0.191	0.126	0.166	$\emptyset 135$	$\emptyset 135h6_{(-0.025)}$
Пов. 15 – плоска зовнішня, $6js12(\pm 0.06)$	1	Заготовка	+1	-0.4	-	-	-	11.1	$11.1^{+1}_{-0.4}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	-	-0.3	4.36	2.66	3.66	7.44	$7.4h14_{(-0.3)}$
	4	Точіння чистове	-	-0.12	1.56	1.14	1.44	6	$6js12(\pm 0.06)$
Пов. 17 – циліндрична зовнішня, $\emptyset 75h11_{(-0.19)}$	1	Заготовка	+1	-0.5	-	-	-	$\emptyset 80.5$	$\emptyset 80.5^{+1}_{-0.5}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	-	-0.3	4.74	2.94	3.94	$\emptyset 76.56$	$\emptyset 6.6h12_{(-0.3)}$
	4	Точіння чистове	-	-0.19	1.75	1.26	1.56	$\emptyset 75$	$\emptyset 75h11_{(-0.19)}$
Пов. 18 – циліндрична внутрішня, $\emptyset 65H11^{(+0.19)}$	1	Заготовка	+1	-0.5	-	-	-	$\emptyset 59.9$	$\emptyset 59.9^{+1}_{-0.5}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Розточування чорнове	+0.4	-	4.84	2.94	3.44	$\emptyset 63.34$	$\emptyset 63.3H12^{(+0.4)}$
	4	Розточування чистове	+0.16	-	1.82	1.26	1.66	$\emptyset 65$	$\emptyset 65H11^{(+0.19)}$

Продовження таблиці 1.6

1	2		3		4		5		6
Пов. 19 – циліндрична внутрішня, $\varnothing 72H7^{(+0.03)}$	1	Заготовка	+1	-0.5	-	-	-	$\varnothing 67.036$	$\varnothing 67_{-0.5}^{+1}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Розточування чорнове	+0.19	-	4.63	2.94	3.44	$\varnothing 70.476$	$\varnothing 70.5H11^{(+0.19)}$
	4	Розточування напівчистова	+0.074	-	1.104	0.84	1.03	$\varnothing 71.506$	$\varnothing 71.5H9^{(+0.074)}$
	5	Розточування чистове	+0.03	-	0.524	0.42	0.494	$\varnothing 72$	$\varnothing 72H7^{(+0.03)}$
Пов. 21 – плоска зовнішня, $19.5h12_{(-0.21)}$	1	Заготовка	+1	-0.4	-	-	-	24.82	$24.8_{-0.4}^{+1}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	-	-0.52	4.58	2.66	3.66	21.16	$21.2h14_{(-0.52)}$
	4	Точіння чистове	-	-0.21	1.87	1.4	1.66	19.5	$19.5h12_{(-0.21)}$
Пов. 25 – конічна внутрішня, $5js12(\pm 0.06)$	1	Заготовка	+1	-0.4	-	-	-	9.56	$9.6_{-0.4}^{+1}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Розточування чорнове	+0,36	-	4.42	2.66	3.06	6.5	$6.5H14^{(+0.36)}$
	4	Розточування чистове	+0,06	-0.06	1.62	1.14	1.5	5	$5js12(\pm 0.06)$
Пов. 26 – циліндрична зовнішня, $\varnothing 80h11_{(-0.19)}$	1	Заготовка	+1	-0.5	-	-	-	$\varnothing 85.5$	$\varnothing 80.5_{-0.5}^{+1}$
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	-	-0.3	4.74	2.94	3.94	$\varnothing 81.56$	$\varnothing 6.6h12_{(-0.3)}$
	4	Точіння чистове	-	-0.19	1.75	1.26	1.56	$\varnothing 80$	$\varnothing 80h11_{(-0.19)}$

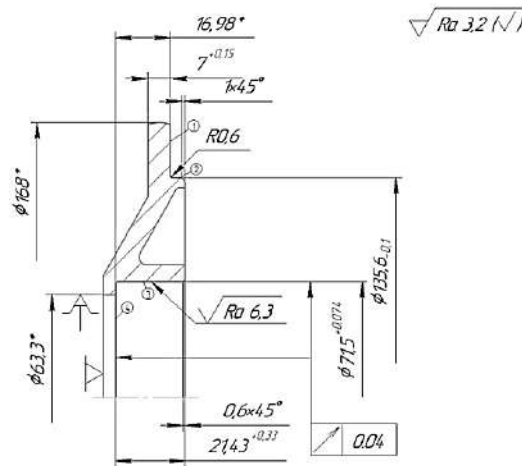


Рисунок 1.11 – Операційний ескіз – операція 025 токарна з ЧПК

Таблиця 1.7 – Вихідні данні

Верстат						
Вид верстату		Модель верстату	Оберти, п хв ⁻¹	Потужність шпинделя, кВт		
Токарний з ЧПК		GCL-2B	48...4800	15		
Інструмент						
№ пер.	Назва інструменту	Вид інструменту	ГОСТ	Розміри		
1	різець	прохідний	18868-73	L=200 мм	40x25	R=1.2 мм
2	різець	розточний	18883-73	L=200 мм	40x25	R=1.2 мм

I. Розрахунок режимів різання – перехід 1:

1) Розрахунок глибини різання проводимо за формулами (1.26), (1.27):

$$t = H - h, \text{ мм} \quad (1.26)$$

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (1.27)$$

де H, h - розмір торця до та після механічної обробки відповідно, мм;

D, d – діаметральний розмір до та після механічної обробки відповідно, мм.

$$t = 7.5 - 7 = 0.4 \text{ мм}$$

$$t = \frac{136.8 - 135.6}{2} = 0.6 \text{ мм}$$

Подальші розрахунки проводимо за більшою глибиною різання.

2) Визначення подачі [9,ст.266,табл.11]: $S_T = 0.7 \dots 1.2$ мм/об.

Приймаємо: $S_0 = 0.9$ мм/об.

3) Розрахунок швидкості різання проводимо за формулою (1.28):

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot K, \text{ м/хв} \quad (1.28)$$

де C_v – коефіцієнт швидкості різання, згідно [9,ст.269-270,табл.17];

x, y, m – ступені швидкості, згідно [9,ст.269-270,табл.17];

T – стійкість інструменту, хв;

K – додатковий коефіцієнт, який враховується при розточенні; $K=0.9$;

K_v – коефіцієнт швидкості різання, розраховується за формулою (1.29):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad (1.29)$$

де K_{mv} – коефіцієнт залежності від оброблюваного матеріалу, згідно [9,ст.261,табл.4];

K_{iv} – коефіцієнт залежності від стійкості та марки матеріалу інструменту, згідно [9,ст.263,табл.6];

K_{nv} – коефіцієнт залежності від якості поверхні заготовки, згідно [9,ст.263,табл.5].

$$K_v = 0.56 \cdot 0.35 \cdot 1 = 0.20$$

Проводимо розрахунок - швидкість різання за формулою (1.28):

$$V_p = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 0.6^{0.15} \cdot 0.9^{0.45}} \cdot 0.20 = 33.3 \text{ м/хв}$$

4) Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1} \quad (1.30)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 33.3}{3.14 \cdot 136.8} = 77.6 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 78 \text{ хв}^{-1}$

5) Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (1.31)$$

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 136.8 \cdot 78}{1000} = 33.5 \text{ м/хв}$$

6) Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.32)$$

де i – кількість переходів;

$L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу; розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = l_{рез} + l_{вр} + l_{пр}, \text{ мм} \quad (1.33)$$

де $l_{рез}$ – довжина різання, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання, $l_{вр} = 2 \dots 3 \text{ мм}$;

$l_{пр}$ – довжина перебігу, $l_{пр} = 2 \dots 3 \text{ мм}$.

$$L_{p.x.} = 54.1 + 2 + 2 = 58.1 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{58.1}{0.9 \cdot 78} \cdot 2 = 1.66 \text{ хв}$$

II. Розрахунок режимів різання – перехід 2:

1) Розрахунок глибини різання проводимо за формулами (1.26)-(1.27):

$$t = 21.43 - 21 = 0.43 \text{ мм}$$

$$t = \frac{71.5 - 70.5}{2} = 0.5 \text{ мм}$$

Подальші розрахунки проводимо за більшою глибиною різання.

2) Визначення подачі [9,ст.266,табл.11]: $S_T = 0.6 \dots 1 \text{ мм/об.}$

Приймаємо: $S_o = 0.9 \text{ мм/об.}$

3) Розрахунок швидкості різання проводимо за формулою (1.28):

$$V_p = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 0.5^{0.15} \cdot 0.9^{0.45}} \cdot 0.2 \cdot 0.9 = 30.8 \text{ м/хв}$$

4) Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 30.8}{3.14 \cdot 715} = 137.3 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 137 \text{ хв}^{-1}$

5) Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 137 \cdot 71.5}{1000} = 30.8 \text{ м/хв}$$

6) Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = 28 + 2 + 2 = 32 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{32}{0.9 \cdot 137} \cdot 2 = 0.52 \text{ хв}$$

Розраховуємо сумарний час на операцію за формулою (1.34):

$$\Sigma T_o = T_{n+1} + \dots + \Sigma T_{n+i}, \text{ хв} \quad (1.34)$$

де T_n – основний час за n переходом, хв.

$$\Sigma T_o = 0.52 + 1.66 = 2.17 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція – 055 фрезерна з ЧПК

Операційний ескіз наведено на рисунку 1.12, характеристики верстату та інструменту наведені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Вихідні данні

Верстат					
Вид верстату		Модель верстату		Оберти, п хв ⁻¹	
Обробний центр патронного типу з ЧПК		РТ-128		max 8000	
				2.2	
Інструмент					
№ пер.	Назва інструменту	Вид інструменту	ГОСТ	Розміри	
1	фреза	кінцева	17026-71	D=13	l=10
2	фреза	кінцева	17026-71	D=13	l=10
3	фреза	кінцева	17026-71	D=13	l=10

Етапи виконання операції:

- перехід 1 – фрезерувати пов. 4-8;
- перехід 2 – фрезерувати пов. 1, 2, 9;
- перехід 3 – фрезерувати пов. 3.

I. Розрахунок режимів різання – перехід 1:

1) Приймаємо глибину різання: $t = 10 \text{ мм}$.

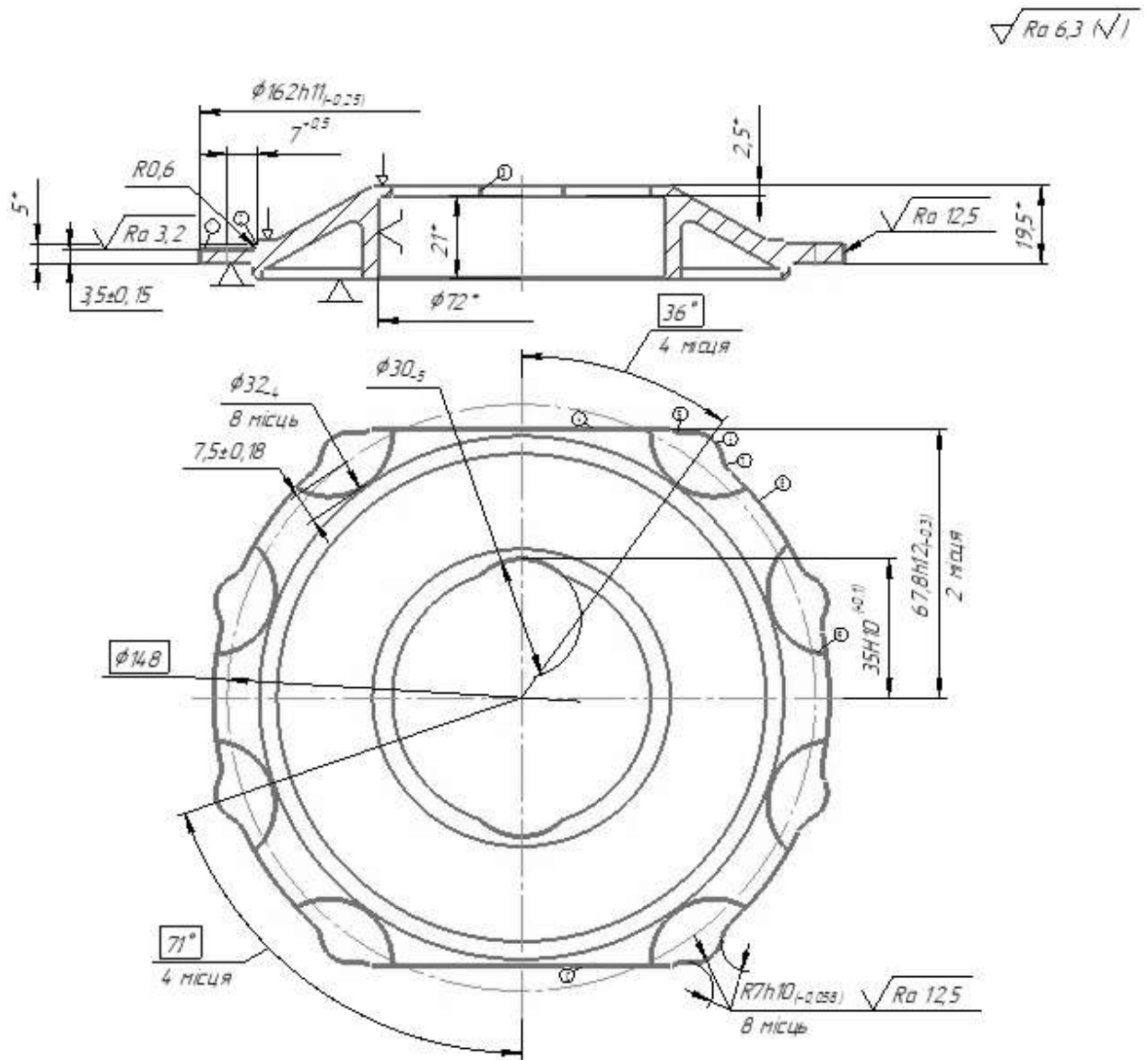


Рисунок 1.12 – Операційний ескіз – операція 055 фрезерна з ЧПК

2) Визначаємо подачу згідно [9.ст.285,табл. 36]: $S_z = 0.02 \dots 0.06$ мм/зуб

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_z = 0.06$ мм/зуб.

3) Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.35):

$$V_p = \frac{C_p \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.35)$$

де D – діаметр фрези, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

z – число зубців фрези, шт;

C_p – коефіцієнт, знаходять за [9,с.286,табл. 39];

q, m, x, y, u, p – показники швидкості, знаходять за [9,с.286,табл. 39]:

T – період стійкості фрези, знаходять за [9,с.290,табл. 40].

$$V_p = \frac{145 \cdot 13^{0.44}}{52^{0.37} \cdot 10^{0.24} \cdot 0.06^{0.26} \cdot 5^{0.1} \cdot 6^{0.13}} \cdot 0.23 = 18.97 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 18.97}{3.14 \cdot 13} = 36 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 36 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.31):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 13 \cdot 36}{1000} = 19 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = 487.5 + 2 + 2 = 491.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{491.5}{(0.06 \cdot 6) \cdot 36} \cdot 2 = 75.8 \text{ хв}$$

II. Розрахунок режимів різання – перехід 2:

1) Приймаємо глибину різання: $t = 14.5 \text{ мм}$.

2) Визначаємо подачу згідно [9,с.285,табл. 36]: $S_z = 0.1 \dots 0.18 \text{ мм/зуб}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_z = 0.1 \text{ мм/зуб}$.

3) Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.35):

$$V_p = \frac{145 \cdot 13^{0.44}}{96^{0.37} \cdot 14.5^{0.24} \cdot 0.1^{0.26} \cdot 1.5^{0.1} \cdot 6^{0.13}} \cdot 0.58 = 35.08 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 35.08}{3.14 \cdot 13} = 349.1 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 349 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.31):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 13 \cdot 349}{1000} = 35.1 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = 37.1 + 2 + 2 = 41.1 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{41.1}{(0.1 \cdot 6) \cdot 547} \cdot 8 = 1.57 \text{ хв}$$

III. Розрахунок режимів різання – перехід 3:

1) Приймаємо глибину різання: $t = 2.5 \text{ мм}$.

2) Визначаємо подачу згідно [9.с.285,табл. 36]: $S_z = 0.1 \dots 0.15 \text{ мм/зуб}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_z = 0.1 \text{ мм/зуб}$.

3) Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.35):

$$V_p = \frac{145 \cdot 13^{0.44}}{96^{0.37} \cdot 2.5^{0.24} \cdot 0.1^{0.26} \cdot 2.5^{0.1} \cdot 6^{0.13}} \cdot 0.58 = 48.66 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 48.66}{3.14 \cdot 1.2} = 516.6 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 517 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.31):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 13 \cdot 517}{1000} = 48.7 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = 23 + 2 + 2 = 27 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{77.59}{(0.1 \cdot 6) \cdot 746} \cdot 2 = 0.12 \text{ хв}$$

Розраховуємо сумарний час на операцію за формулою (1.34):

$$\Sigma T_o = 0.12 + 1.5 + 75.8 = 77.47 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція – 080 свердлильна з ЧПК

Операційний ескіз наведено на рисунку 1.13, характеристики верстату та інструменту наведені у таблиці 1.9.

Етапи виконання операції:

- перехід 1 – свердлити 8 отв. 1;

- перехід 2 – свердлили 10 отв. 2.

I. Розрахунок режимів різання – перехід 1:

1) Розрахунок глибини різання проводимо за формулою (1.27):

$$t = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ мм}$$

Таблиця 1.9 – Вихідні данні

Верстат					
Вид верстату		Модель верстату	Оберти, n хв ⁻¹		Потужність шпинделя, кВт
Обробний центр патронного типу з ЧПК		РТ-86	max 8000		2.2
Інструмент					
№ пер.	Назва інструменту	Вид інструменту	ГОСТ	Розміри	
1	свердло	комбіноване	10903-77	D=7	l=10
2	свердло	спіральне	10903-77	D=12	l=10

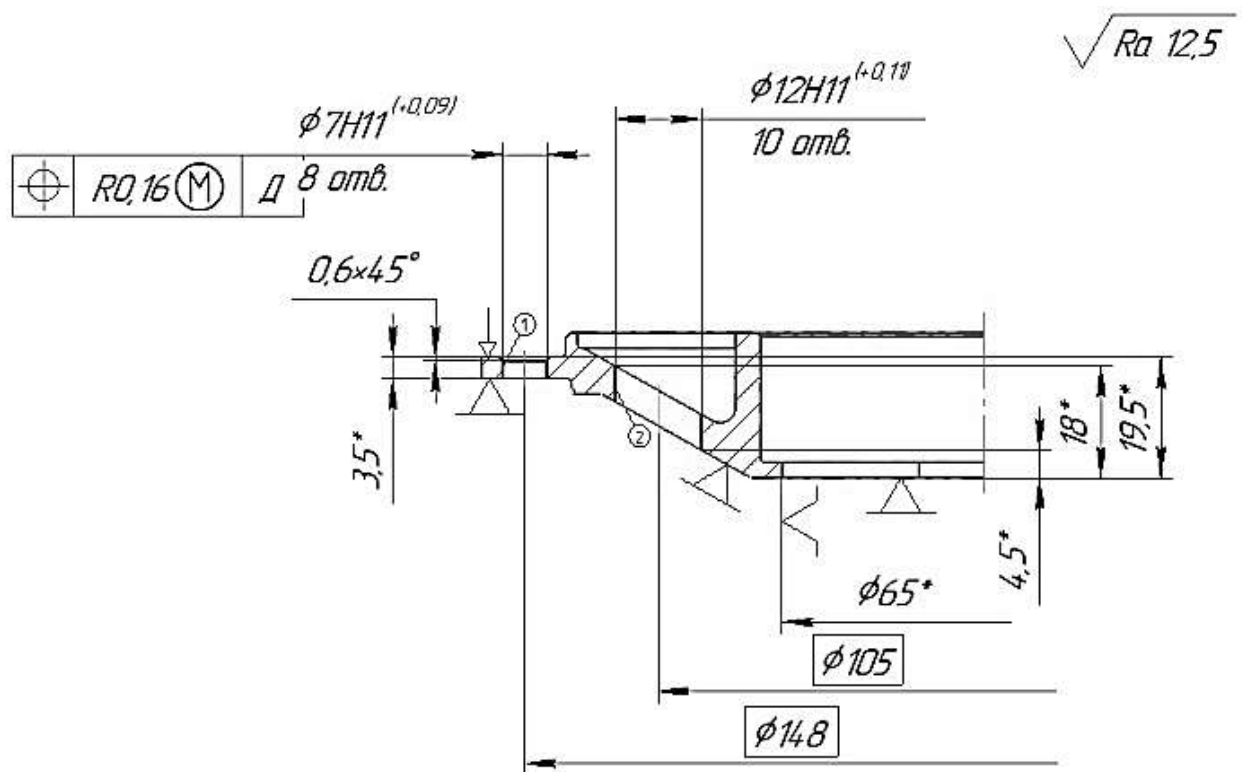


Рисунок 1.13 – Операційний ескіз – операція 080 свердлильна з ЧПК

2) Визначення подачі [9,ст.277,табл.25]: $S_T = 0.15 \dots 0.2 \text{ мм/об.}$

Приймаємо: $S_0 = 0.2$ мм/об.

3) Розрахунок швидкості різання проводимо за формулою (1.36):

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.36)$$

де C_v – коефіцієнт швидкості різання, згідно [9,ст.278,табл.28];

q, y, m – ступені швидкості, згідно [9,ст.278,табл.28];

T – стійкість інструменту, згідно [9,ст.279,табл.30];

K_v – коефіцієнт швидкості різання, визначаємо за формулою (1.29):

$$K_v = 0.65 \cdot 0.35 \cdot 1 = 0.23$$

Розрахунок швидкості різання проводимо за формулою (1.34):

$$V_p = \frac{7 \cdot 7^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.2^{0.7}} \cdot 0.23 = 5.6 \text{ м/хв}$$

4) Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 5.6}{3.14 \cdot 7} = 254.4 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 254 \text{ хв}^{-1}$

5) Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 7 \cdot 254.4}{1000} = 5.6 \text{ м/хв}$$

6) Довжину робочого ходу розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = 3.5 + 2 + 2 = 7.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{7.5}{0.2 \cdot 254} \cdot 8 = 1.18 \text{ хв}$$

II. Розрахунок режимів різання – перехід 2:

1) Розрахунок глибини різання проводимо за формулою (1.27):

$$t = \frac{12}{2} = 6 \text{ мм}$$

2) Визначення подачі [9,ст.277,табл.25]: $S_r = 0.28 \dots 0.33 \text{ мм/об.}$

Приймаємо: $S_o = 0.33 \text{ мм/об.}$

3) Розрахунок швидкості різання проводимо за формулою (1.34):

$$V_p = \frac{9.8 \cdot 12^{0.4}}{45^{0.2} \cdot 0.33^{0.5}} \cdot 0.23 = 4.9 \text{ м/хв}$$

4) Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 4.9}{3.14 \cdot 12} = 129.3 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n = 129 \text{ хв}^{-1}$

5) Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 12 \cdot 129}{1000} = 4.9 \text{ м/хв}$$

6) Довжину робочого ходу розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.} = 13.5 + 2 + 2 = 17.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.32):

$$T_o = \frac{7.5}{0.33 \cdot 12} \cdot 10 = 4.11 \text{ хв}$$

Розраховуємо сумарний час на операцію за формулою (1.34):

$$\Sigma T_o = 1.18 + 4.11 = 5.29 \text{ хв}$$

1.6.4 Операція – 105 шліфувальна з ЧПК

Операційний ескіз наведено на рисунку 1.14, характеристики верстату та інструменту наведені у таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Вихідні данні

Верстат			
Вид верстату	Модель верстату	Оберти, п хв ⁻¹	Потужність шпинделя, кВт
Круглошліфувальний напівавтомат з ЧПК	G32P	max 5000	5.5 (7.5)
Інструмент			
Назва інструменту	Дані		ГОСТ
Шліфувальний круг	200x10x32 25A F46 L6 V 30 м/с БЗ		2424-83

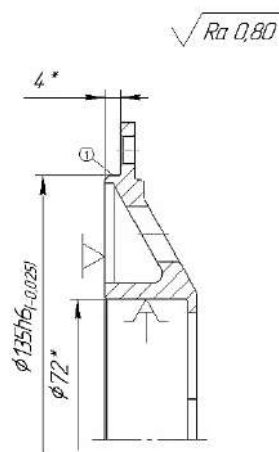


Рисунок 1.14 – Операційний ескіз – операція 105 шліфувальна з ЧПК

1) Розрахунок глибини різання проводимо за формулою (1.27):

$$t = \frac{35.2 - 135}{2} = 0.1 \text{ мм}$$

2) Визначаємо швидкість обертання круга [9.ст.301,табл.55]:

$$V_{кр} = 30 \text{ м/с.}$$

3) Частоту обертання круга розраховуємо за формулою (1.37):

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{кр}}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1} \quad (1.37)$$

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 30}{3.14 \cdot 200} = 2866.24 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n_{кр} = 2866 \text{ хв}^{-1}$.

4) Визначаємо дійсну швидкість обертання круга за формулою (1.38):

$$V_{д.кр} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с} \quad (1.38)$$

$$V_{д.кр} = \frac{3.14 \cdot 60 \cdot 2866}{1000 \cdot 60} = 8.99 \text{ м/с}$$

5) Визначаємо швидкість обертання деталі [9.ст.301,табл.55]: $V_d = 10 \text{ м/с.}$

6) Частоту обертання деталі розраховуємо за формулою (1.39):

$$n_d = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_d}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1} \quad (1.39)$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 10}{3.14 \cdot 135.2} = 23.56 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $n_d = 24 \text{ хв}^{-1}$.

7) Визначаємо дійсну швидкість обертання деталі за формулою (1.40):

$$V_{д.д} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot n_d}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с} \quad (1.40)$$

$$V_{д.д} = \frac{3.14 \cdot 60 \cdot 24}{1000 \cdot 60} = 10.19 \text{ м/с}$$

8) Визначаємо подовжню подачу [9.ст.301,табл.55] з співвідношення (1.41):

$$S = (0.3 \dots 0.7) \cdot B, \text{мм/об} \quad (1.41)$$

де B – ширина круга, мм.

$$S = 0.3 \cdot 10 = 3 \text{ мм/об}$$

9) Визначаємо довжину робочого ходу за формулою (1.42):

$$L_{р.х.} = l_{ш} - \frac{1}{3} \cdot B, \text{мм} \quad (1.42)$$

$$L_{р.х.} = 6 - \frac{1}{3} \cdot 10 = 2.67 \text{ мм}$$

10) Проводимо розрахунок основного часу за формулою (1.43):

$$T_o = \frac{L_{р.х.} \cdot (t + 0.01) \cdot k}{S_{пп} \cdot S_{пр} \cdot n_d}, \text{хв} \quad (1.43)$$

$$T_o = \frac{2.67 \cdot (0.1 + 0.01) \cdot 1.5}{0.0025 \cdot 3 \cdot 24} = 0.22 \text{ хв}$$

Усі проведені розрахунки заносимо до таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Режими різання

№ оп.	Перехід		Зміст переходу	t, мм	Режими різання			
					n, хв ⁻¹	S, мм/об	V, м/хв	T _о , хв
1	2		3	4	5	6	7	8
020	Токарна з ЧПК - токарний верстат з ЧПК мод. GCL-2B							
	Установ І	перехід 1	точити пов. 1-3	3.6	39	0.9	20.6	9.93
		перехід 2	розточувати пов. 4	1.7	103	0.9	20.5	0.36
	Установ ІІ	перехід 1	точити пов. 5, 6, 10	1.95	51	0.9	22.5	5.1
		перехід 2	розточувати пов. 7-9	1.75	58	0.9	23.5	2.59

Продовження таблиці 1.11

1	2		3	4	5	6	7	8
		перехід 3	розточувати пов. 11, 12	1.75	58	0.9	23.5	2.59
ΣT ₀								19.85
025	Токарна з ЧПК - токарний верстат з ЧПК мод. GCL-2B							
		перехід 1	точити пов. 1, 2	0.6	78	0.9	33.5	1.66
		перехід 2	розточувати пов. 3, 4	0.5	137	0.9	30.8	0.52
ΣT ₀								2.17
030	Токарна з ЧПК - токарний верстат з ЧПК мод. GCL-2B							
	Установ I	перехід 1	точити пов. 1, 2, 6	0.85	212	0.09	90.3	14.82
		перехід 2	розточувати пов. 3-5	0.85	164	0.18	67.5	7.37
		перехід 3	розточувати пов. 7, 8	0.43	288	0.18	65.1	1.71
	Установ II	перехід 1	точити пов. 9-12, 14	18	78	0.18	41.1	34.76
		перехід 2	розточувати пов. 13	0.85	288	0.18	58.8	0.63
ΣT ₀								59.28
055	Фрезерна з ЧПК - обробний центр портального типу з ЧПК DANLIN PT-128							
		перехід 1	фрезерувати пов. 4-8	10	36	0.06	19	75.8
		перехід 2	фрезерувати пов. 1, 2	14.5	349	0.1	35.1	1.57
		перехід 3	фрезерувати пов. 3	2.5	517	0.1	48.7	0.17
ΣT ₀								77.59
080	Свердлильна з ЧПК - обробний центр портального типу з ЧПУ мод. PT-86							
		перехід 1	свердлили отв. 1	3.5	282	0.2	6.2	1.35
		перехід 2	свердлили отв. 2	6	129	0.33	4.9	4.11
ΣT ₀								5.46
105	Шліфувальна з ЧПК - круглошліфувальний напівавтомат з ЧПК мод. G32P							
			шліфувати пов. 1	0.1	$n_{кр} = 2866$ $n_{п.п.} = 24$	$S_{п.п.} = 3$ $S_{п.п.} = 0.0025$	$V_{кр} = 10$ $V_{п.п.} = 10.2$	0.22

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція - 025 токарна з ЧПК

Проводимо розрахунок додаткового часу на операцію за формулою (1.44):

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{вст-зн}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{х.х.}} + T_{\text{зм.ін.}} + T_{\text{контр.}}, \text{ хв} \quad (1.44)$$

де $T_{\text{вст-зн}}$ – час на встановлення та зняття заготовки з верстату, визначається згідно [10,с.199,к.5.5];

$T_{\text{упр}}$ – час на управління верстатом, хв;

$T_{\text{х.х.}}$ – час на холостий хід інструменті, хв;

$T_{\text{зм.ін.}}$ – час, потрібний для зміни інструменту, хв;

$T_{\text{контр.}}$ – час, необхідний для контролю розмірів, розраховується за формулою (1.45):

$$T_{\text{контр.}} = K \cdot (L \cdot i), \text{ хв} \quad (1.45)$$

де L – час на контроль заданим інструментом, визначається згідно [10,с.206-208,к.5.11-5.13];

i – кількість контрольованих розмірів;

K – коефіцієнт для розрахунку часу.

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot 0.09 \cdot 9 = 1.499 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.46):

$$T_{\text{зм.ін.}} = K \cdot i \cdot a, \text{ хв} \quad (1.46)$$

де a – час, необхідний на зміну одного інструменту, хв;

i – кількість використовуваних інструментів, шт.

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 5 \cdot 0.035 = 0.324 \text{ хв}$$

Час, затрачений на холостій хід, розраховуємо за формулою (1.47):

$$T_{\text{х.х.}} = T_{\text{ш.в.і.}} \cdot i \cdot K + T_{\text{ш.п.і.}} \cdot k \cdot K, \text{ хв} \quad (1.47)$$

де $T_{\text{ш.в.і.}}$ – час, необхідний для швидкого відводу інструменту, визначається з [10,с.202,к.5.8], хв;

$T_{ш.п.і.}$ - час необхідний для швидкого підводу інструменту, визначається з [10,с.202,к.5.8], хв;

i, k – кількість використовуваних інструментів, шт.

$$T_{х.х.} = 0.025 \cdot 5 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 5 \cdot 1.85 = 0.509 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.48):

$$T_{упр} = T_{вкл-викл} \cdot i + T_{смоб} \cdot k, \text{ хв} \quad (1.48)$$

де $T_{вкл-викл}$ – час, необхідний для включення та виключення верстата, визначається з [10,с.202,к.5.8], хв;

$T_{смоб}$ - час необхідний для закриття та відкриття захисного екрану, визначається з [10,с.202,к.5.8], хв;

i, k – кількість дій.

$$T_{упр} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 5 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 5 = 0.37 \text{ хв}$$

За формулою (1.44) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{доп} = 1.998 + 0.324 + 0.509 + 0.37 + 0.111 = 3.31 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.49):

$$T_{оп} = T_o + T_{дод}, \text{ хв} \quad (1.49)$$

$$T_{оп} = 19.85 + 3.31 = 23.16 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.50):

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot \alpha_{\Sigma}, \text{ хв} \quad (1.50)$$

де α_{Σ} – відсоток додаткового часу, визначається з [10,с.214,к.6.1].

$$T_{дод} = 23.16 \cdot 0.06 = 1.39 \text{ хв}$$

За формулою проводимо визначення штучного часу (1.51):

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}}, \text{ хв} \quad (1.51)$$

$$T_{\text{шт}} = 23.16 + 1.39 = 24.55 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.52):

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N}, \text{ хв} \quad (1.52)$$

де N – об'єм партії заготовок;

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, який розраховується за формулою (1.53):

$$T_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \text{ хв} \quad (1.53)$$

де $t_{\text{пз1}}, t_{\text{пз2}}, t_{\text{пз3}}$ – нормативи підготовчо-заключного часу, визначається з [10, с.215, к.6.3].

$$T_{\text{пз}} = 7 + 2 + 7 = 16 \text{ хв}$$

За формулою (1.51) розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 24.55 + \frac{16}{197} = 24.63 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція – 055 фрезерна з ЧПК

Час, необхідний для контролю розмірі за операцією, розраховується за формулою (1.45):

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot 0.09 \cdot 9 = 1.499 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.46):

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 2 \cdot 0.035 = 0.194 \text{ хв}$$

Час, затрачений на холостій хід, розраховуємо за формулою (1.47):

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 3 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 3 \cdot 1.85 = 0.305 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.48):

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 3 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 3 = 0.222 \text{ хв}$$

За формулою (1.44) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{доп}} = 1.499 + 0.194 + 0.305 + 0.222 + 0.111 = 2.33 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.49):

$$T_{\text{оп}} = 2.33 + 77.59 = 79.92 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.50):

$$T_{\text{дод}} = 79.92 \cdot 0.09 = 7.19 \text{ хв}$$

За формулою проводимо визначення штучного часу (1.51):

$$T_{\text{шт}} = 79.92 + 7.19 = 87.11 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.52):

$$T_{\text{шт-к}} = 87.11 + \frac{18}{197} = 87.21 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція – 080 свердлильна з ЧПК

Час, необхідний для контролю розмірі за операцією, розраховується за формулою (1.45):

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot 0.09 \cdot 10 = 1.665 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.46):

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 2 \cdot 0.035 = 0.13 \text{ хв}$$

Час, затрачений на холостій хід, розраховуємо за формулою (1.47):

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 2 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 2 \cdot 1.85 = 0.204 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.48):

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 2 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 2 = 0.148 \text{ хв}$$

За формулою (1.44) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{доп}} = 1.665 + 0.13 + 0.204 + 0.148 + 0.111 = 2.26 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.49):

$$T_{\text{оп}} = 5.46 + 2.26 = 7.72 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.50):

$$T_{\text{дод}} = 7.72 \cdot 0.09 = 0.69 \text{ хв}$$

За формулою (1.51) проводимо визначення штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 7.72 + 0.69 = 8.41 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.52):

$$T_{\text{шт-к}} = 8.41 + \frac{18}{197} = 8.5 \text{ хв}$$

1.7.4 Операція – 105 шліфувальна з ЧПК

Час, необхідний для контролю розмірів, розраховується за формулою (1.45):

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot 0.09 \cdot 1 = 0.167 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.46):

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 1 \cdot 0.035 = 0.065 \text{ хв}$$

Час, затрачений на холостій хід, розраховуємо за формулою (1.47):

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 1 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 1 \cdot 1.85 = 0.102 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.48):

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 1 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 1 = 0.074 \text{ хв}$$

За формулою (1.44) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{доп}} = 0.167 + 0.065 + 0.102 + 0.074 + 0.111 = 0.52 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.49):

$$T_{\text{оп}} = 0.22 + 0.52 = 0.74 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.50):

$$T_{\text{дод}} = 0.74 \cdot 0.12 = 0.09 \text{ хв}$$

За формулою проводимо визначення штучного часу (1.51):

$$T_{\text{шт}} = 0.74 + 0.09 = 0.83 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.52):

$$T_{\text{шт-к}} = 0.83 + \frac{12}{197} = 0.89 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Технологічне нормування операцій

№ оп.	Операції	T_o , хв	$T_{\text{всп}}$, хв	$T_{\text{оп}}$, хв	$T_{\text{дод}}$, хв	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{пз}}$, хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
020	Токарна з ЧПК	19.85	3.31	23.16	1.39	24.55	16	24.63
025	Токарна з ЧПК	2.17	1.26	3.43	0.21	3.63	16	3.71

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
030	Токарна з ЧПК	59.28	3.64	62.92	3.78	66.7	16	66.78
055	Фрезерна з ЧПК	77.59	2.33	79.92	7.19	87.11	18	87.21
080	Свердлильна з ЧПК	5.46	2.26	7.72	0.69	8.41	18	8.5
105	Шліфувальна з ЧПК	0.22	0.52	0.74	0.09	0.83	12	0.89

1.8 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

Керуючу програму розробляють спеціально для обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК).

У магістерській роботі для виготовлення деталі «Кришка підшипника» розробляється керуюча програма у модулі програми NX 12.0.

Поводимо розробку програм для трьох операцій з ЧПК. Для цього необхідно у даній програмі створити модель деталі та заготовки (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – 3D-моделі (а – деталь; б – заготовка)

1.8.1 Операція 025 – токарна з ЧПК

На даній операції обробка деталі виконується за два переходи (див. п.1.6).

Інструмент та його характеристики задані на рисунку 1.16. Генерація траєкторії руху інструменту задані на рисунку 1.17.



Рисунок 1.16 – Інструмент та його параметри (а – перший перехід;
б – другий перехід)



Рисунок 1.17 – Траєкторія руху різця (а – перший перехід;
б – другий перехід)

Програма обробки першого переходу на мові ISO 7 bit:

%	N0080 X2.7244
N0010 G40 G17 G94 G90 G70	N0090 Z.9546 F2.7
N0020 G91 G28 Z0.0	N0100 X2.7578 Z.988
:0030 T01 M06	N0110 G0 X3.5124
N0040 G0 G90 X3.5433 Y0.0 Z1.8307	N0120 Z.8307
A0.0 B0.0 S110 M04	N0130 G1 X3.4651 F2.1
N0050 X2.9055	N0140 X2.7244
N0060 Z.8927	N0150 Z.8927 F2.7
N0070 G1 X2.8583 F2.6 M08	N0160 X2.7578 Z.9261

N0170 G0 Z1.8307
N0180 X3.5433

N0190 M02
%

Програма обробки другого переходу на мові ISO 7 bit:

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T02 M06
N0040 G0 G90 X3.5433 Y0.0 Z1.7295
A0.0 B0.0 S101 M03
N0050 X1.4075
N0060 X1.3126
N0070 Z.9991
N0080 G1 X1.352 Z.9597 F5.2 M08
N0090 Z.1709

N0100 X1.2238 F5.1
N0110 X1.1844 Z.2102
N0120 G0 X1.3209 Z1.0092
N0130 G1 X1.3602 Z.9699 F5.2
N0140 Z.1626 F5.
N0150 X1.2146
N0160 X1.1752 Z.202
N0170 G0 Z1.7295
N0180 X1.4075
N0190 M02
%

1.8.2 Операція 055 – фрезерна з ЧПК

На даній операції обробка деталі виконується в три переходи (див. п.1.6).

Інструменти та їх характеристики задані на рисунку 1.18. Генерація траєкторії руху інструменту задані на рисунку 1.19.

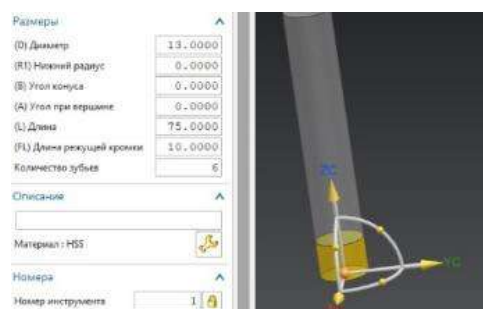


Рисунок 1.18 – Інструмент та його параметри

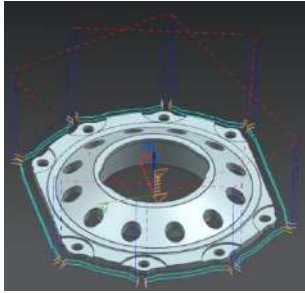
Програма обробки першого переходу мовою ISO 7 bit:

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T01 M06

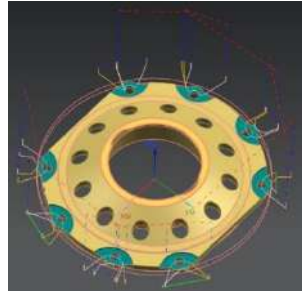
...
N2180 G1 X2.0716 Y3.0553
N2190 G0 Z2.7362
N2200 M02
%

```
N0040 G0 G90 X-2.0692 Y3.0569 A0.0
B0.0 S465 M03
```

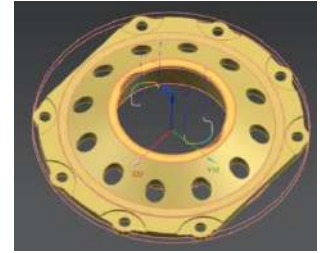
...



а)



б)



в)

Рисунок 1.19 – Траєкторія руху фрези (а – перший перехід;
б – другий перехід; в – третій перехід)

Програма обробки другого переходу мовою ISO 7 bit:

%	...
N0010 G40 G17 G94 G90 G70	N1840 G1 X-2.0454 Y-3.0841
N0020 G91 G28 Z0.0	N1850 Z.4055
:0030 T01 M06	N1860 G0 Z2.7362
N0040 G0 G90 X2.4107 Y-2.808 A0.0	N1870 M02
B0.0 S441 M03	%
...	

Програма обробки третього переходу мовою ISO 7 bit:

%	N0140 Z.7874
N0010 G40 G17 G94 G90 G70	N0150 G0 Z2.7362
N0020 G91 G28 Z0.0	N0160 X.34 Y.6789
:0030 T01 M06	N0170 Z.7874
N0040 G0 G90 X-.34 Y-.6878 A0.0 B0.0	N0180 G1 Z.6693
S0 M03	N0190 X.4193 Y.8383
N0050 G43 Z2.7362 H01	N0200 X.2377 Y1.0186
N0060 Z.7874	N0210 X.2368 Y1.0194
N0070 G1 Z.6693 F9.8 M08	N0220 G3 X-.2377 Y1.0186 I-.2368 J-
N0080 X-.4193 Y-.8472	.2364
N0090 X-.2377 Y-1.0275	N0230 G1 X-.4193 Y.8383
N0100 X-.2368 Y-1.0283	N0240 X-.34 Y.6789
N0110 G3 X.2373 Y-1.0278 I.2368	N0250 Z.7874
J.2364	N0260 G0 Z2.7362
N0120 G1 X.4186 Y-.8472	N0270 M02
N0130 X.3395 Y-.688	%

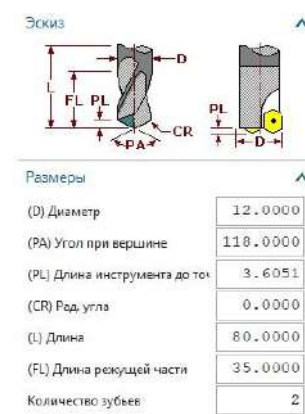
1.8.3 Операція 080 – свердлильна з ЧПК

На даній операції обробка деталі виконується за двома переходами (див. п.1.6).

Для виконання операції необхідно правильно підібрати інструмент та задати режими різання, які показано на рисунках 1.20 та 1.21 відповідно.

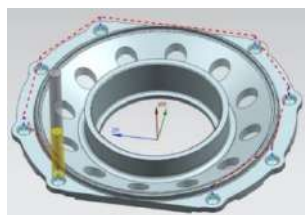


а)

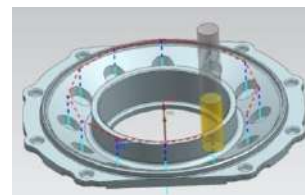


б)

Рисунок 1.20 – Інструмент та його параметри (а – перший перехід;
б – другий перехід)



а)



б)

Рисунок 1.21 – Траєкторія руху інструментів (а – перший перехід;
б – другий перехід)

Програма обробки першого переходу на мові ISO 7 bit:

```
%%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T01 M06
N0040 G0 G90 X-1.7106 Y-2.3583
B90. S255 M03
```

```
N0050 G43 Z.8858 H00
N0060 G81 Z.4487 R.8858 F2.6
N0070 X-2.7534 Y-.952
N0080 X-2.7559 Y.945
N0090 X-1.7143 Y2.3556
N0100 X1.7106 Y2.3583
```

N0110 X2.7534 Y.952
 N0120 X2.7545 Y-.9489
 N0130 G81 X1.7143 Y-2.3556
 Z.4487 R.8858

N0140 G80
 N0150 M02
 %

Програма обробки другого переходу на мові ISO 7 bit:

%
 N0010 G40 G17 G94 G90 G70
 N0020 G91 G28 Z0.0
 :0030 T02 M06
 N0040 G0 G90 X1.0312 Y-1.7817
 B90. S130 M03
 N0050 G43 Z.8222 H00
 N0060 G81 Z-.0358 R.8222 F3.4
 N0070 X0.0 Y-2.058
 N0080 X-1.0312 Y-1.7817
 N0090 X-1.7862 Y-1.0268
 N0100 X-2.0625 Y.0044

N0110 X-1.7862 Y1.0357
 N0120 X-1.0312 Y1.7906
 N0130 X0.0 Y2.0669
 N0140 X1.0312 Y1.7906
 N0150 X1.7862 Y1.0357
 N0160 X2.0625 Y.0044
 N0170 G81 X1.7862 Y-1.0268
 Z-.0358 R.8222
 N0180 G80
 N0190 M02
 %

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

У магістерській роботі для проведення виготовлення деталі на верстаті було спроектоване робоче пристосування, а для точного проведення контролю отриманих параметрів та розмірів – контрольне пристосування.

2.1 Проєктування робочого пристосування

Для більш продуктивного виконання виготовлення деталі було спроектовано спеціальне пристосування для свердлильної обробки (2.1).

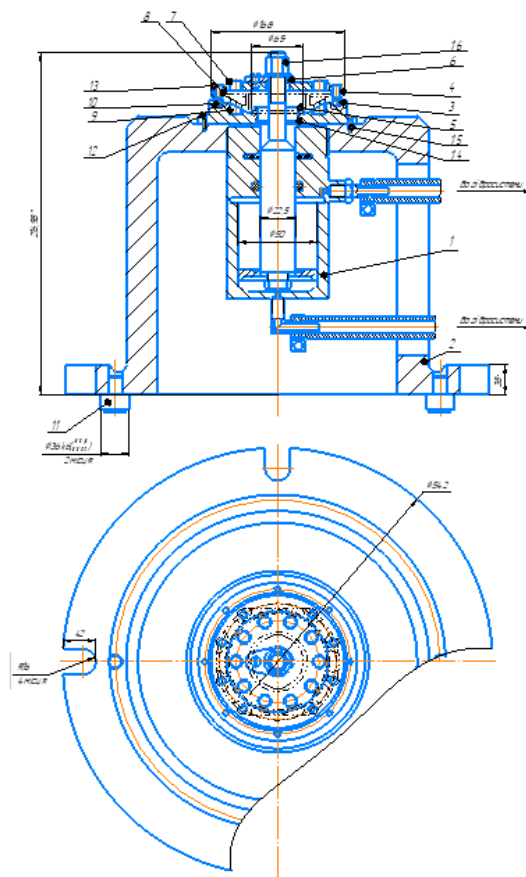


Рисунок 2.1 – Ескіз робочого пристосування для свердлильної операції

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Деталь тонкостінна, тому було передбачено щільний контакт безперервними кільцевими поверхнями з базовою установчою деталлю пристосування і притискною деталлю.

Закріплення деталі: Кондукторна плита 3 встановлюється та закріплюється на корпусі 2 за допомогою болтів 12 та пальця 15, у плиту кріпиться втулка за допомогою пальця, після встановлюється деталь та з гори кріпиться до пристосування за допомогою кондукторної плити 4, відкидна гайка 6 ставиться у положення «закріплено», а у верхню порожнину гідроциліндру 1 подається рідина, шток гідравлічного циліндру опускається та деталь закріплюється.

Розкріплення деталі: З верхньої порожнини гідроциліндру 1 рідина стравлюється, а у нижню порожнину рідина подається. Шток піднімається, відкидна гайка 6 ставиться у положення «розкріплено», а кондукторська плита 4 знімається, деталь знімається з пристосування.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибку встановлення необхідно розраховувати для визначення точності встановлення деталі у пристосування.

Схему встановлення деталі у дане пристосування показано на рисунку 2.3.

Ідеальним варіантом встановлення можливо вважати, коли похибка встановлення буде рівною нулю. Але такий варіант можливий лише при встановленні у самоцентруючий патрон.

Розрахунки необхідно провести для обох отворів які необхідно просвердлити.

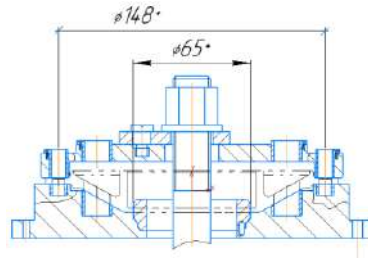


Рисунок 2.3 – Схема встановлення деталі у пристосування

Похибка встановлення розраховується за формулою (2.1):

$$\varepsilon_B = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_3 - похибка закріплення, мм;

ε_6 - похибка базування, визначається за формулою (2.2):

$$\varepsilon_6 = \frac{S_{max}}{2} \quad (2.2)$$

де S_{max} - максимальний зазор, визначається за формулою (2.3):

$$S_{max} = T_o + T_n + 2 \Delta \quad (2.3)$$

де T_n - допуск пальця, мм;

T_o - допуск отвору, мм;

2Δ - гарантований зазор, мм.

$$S_{max1} = 0.12 + 0.09 + 0.01 = 0.22 \text{ мм}$$

$$S_{max2} = 0.12 + 0.11 + 0.01 = 0.24 \text{ мм}$$

Розраховуємо похибку базування за формулою (2.2):

$$\varepsilon_6 = \frac{0.17}{2} = 0.085$$

Через те, що напрямок обробки та сила закріплення взаємно перпендикулярні, то похибка закріплення буде: $\varepsilon_3 = 0$.

Проводимо розрахунок похибки встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{B1} = \sqrt{0.22^2 + 0} = 0.11$$

$$\varepsilon_{B2} = \sqrt{0.024^2 + 0} = 0.12$$

Згідно розрахунку похибки встановлення під час обробки деталі пристосування забезпечить необхідну точність розмірів.

Розрахунок на точність проводимо для більшої похибки встановлення. Розрахунок проводиться за формулою (2.4):

$$T_H \leq T_{обр.} - k_p \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + (k_2 \cdot w)^2}, \text{ мм} \quad (2.4)$$

де $T_{обр.}$ - допуск на розмір обробки [9,ст.63,табл.5.2], мм;

k_p - коефіцієнт, який враховує відхилення складових величин від закону нормального розпаду [9,ст.63,табл.5.2], $k_p = 1 \dots 1.2$;

k_1 - коефіцієнт, який враховує зменшення похибки базування [9,ст.63,табл.5.2];

k_2 - коефіцієнт, який враховує частоту похибки обробки [9,ст.63,табл.5.2];

w - середня економічна точність обробки [9,ст.63,табл.5.2].

$$T_H \leq 0.12 - 1.2 \cdot \sqrt{(0.8 \cdot 0.12)^2 + 0 + (0.6 \cdot 0.1)^2} = 0.016 \text{ мм}$$

Провівши аналіз проведених розрахунків можливо зробити висновок, що отримання необхідної точності під час обробки на даному пристосуванні є можливим.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Необхідна сумарна сила затиску розраховується по формулі (2.5):

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot M_p}{f \cdot D_\phi} \cdot \left| \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right|, \text{кН} \quad (2.5)$$

де k - коефіцієнт запасу;

f - коефіцієнт зачеплення між робочими поверхнями і заготовкою;

M_p - крутильний момент, розраховується за формулою (2.6):

$$M_p = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \text{Нм} \quad (2.6)$$

де C_m – коефіцієнт, який визначається з [9,с.281,т.32];

q, y – показники ступеня, які визначаються з [9,с.281,т.32];

K_p – поправний коефіцієнт, розраховується за формулою (2.7):

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.7)$$

де K_{Mp} – поправний коефіцієнт, враховуючий якість обробного матеріалу, постійна, згідно [9,ст.264,табл.9];

$K_{\varphi p}$ – поправний коефіцієнт, враховуючий головний кут у плані, показники ступенів, згідно [9,ст.275,табл.23];

$K_{\gamma p}$ – поправний коефіцієнт, враховуючий передній кут, згідно [9,ст.275,табл.23];

$K_{\lambda p}$ – поправний коефіцієнт, враховуючий кут нахилу головного леза, згідно [9,ст.275,табл.23];

K_{rp} – поправний коефіцієнт, враховуючий радіус при вершині, згідно [9,ст.275,табл.23].

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 0.93 = 1.15$$

Крутильний момент розраховується за формулою (2.6):

$$M_{p1} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 7^1 \cdot 0.2^{0.7} \cdot 1.15 = 5.4 \text{ Нм}$$

$$M_{p2} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 12^1 \cdot 0.33^{0.7} \cdot 1.15 = 23.5 \text{ Нм}$$

Розрахунок сумарної сили затиску проводимо за більшим крутним моментом, згідно формули (2.5).

$$W = \frac{2 \cdot 2.808 \cdot 23.5}{0.18 \cdot 12} \cdot \left| \frac{148^3 - 65^3}{148^2 - 65^2} \right| = 10269.15 \text{ кН}$$

За визначеною силою затиску необхідно провести підбір оптимального розміру гідравлічного циліндру.

Діаметр гідравлічного циліндру визначається за формулою (2.8):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}}, \text{ мм} \quad (2.8)$$

де ρ - тиск рідини, МПа;

η - коефіцієнт корисної дії (ККД).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10269.15}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.95}} = 82.97 \text{ мм}$$

Відповідно до ГОСТ 25553-82 приймаємо такі параметри для гідравлічного циліндра: $D=100$ мм, $d=45$ мм.

Згідно підібраних параметрів циліндра проводимо розрахунок дійсної сили затиску за формулою (2.9):

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta}{4}, \text{ кН} \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{3.14 \cdot (100^2 - 45^2) \cdot 2 \cdot 0.95}{4} = 11894.7 \text{ кН}$$

Провівши порівняння необхідної та дійсної сил затиску можливо зробити висновок, що дане пристосування спроектовано добре та гідравлічний циліндр підібрано вірно.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Для проведення контролю після виготовлення виробу необхідно використовувати контрольні пристосування. Для цього у магістерській роботі спроектовано спеціальне контрольне пристосування (рис. 2.3).

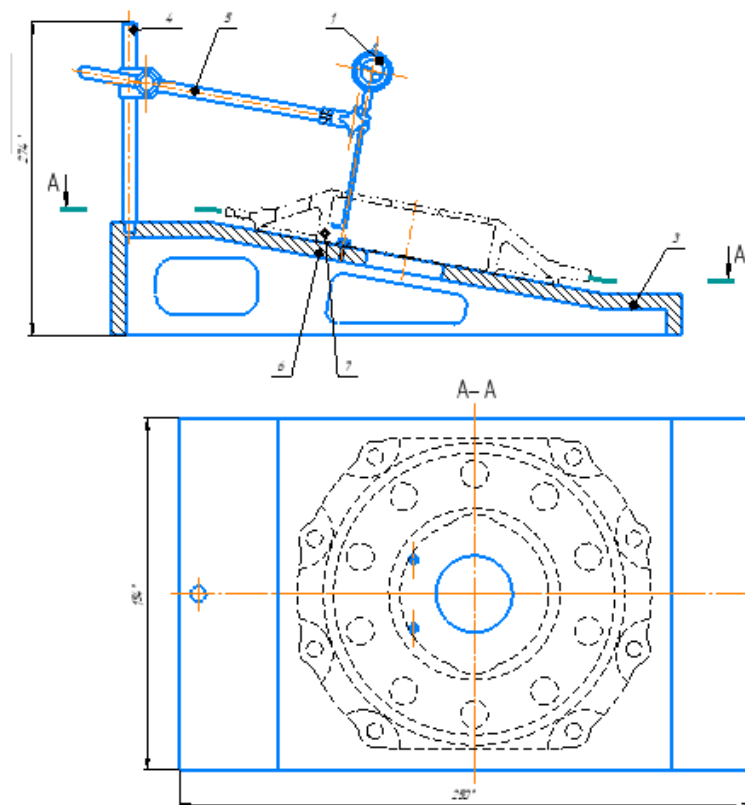


Рисунок 2.3 - Ескіз контрольного пристрою

Стандартне контрольне пристосування можливо використовувати для контролю биття деталей типу «кільце». Відхилення биття визначається за допомогою індикаторного годинника.

Деталь встановлюється на ролики 4, електронний датчик своїм кінчиком підводиться до потрібної поверхні. Для проведення контролю деталь вручну повертається, після чого на блоці датчиків 2, з'єданого з індикаторним годинником, відправляється сигнал з точністю деталі.

На початку проведення контролю партії деталей необхідно провести налаштування блока датчиків. Щоб це зробити необхідно узяти еталон та встановити його на пристосування, підвести ніжку часів до потрібної поверхні та почати перевірку. Налаштування датчиків відбувається за допомогою трьох еталонів, для кожного датчика береться свій еталон.

2.2.2 Розрахунок на точність

Контрольне пристосування має бути високоточним для забезпечення правильності вимірів. Для цього необхідно провести розрахунок сумарної похибки контрольно-вимірювального приладу за формулою (2.10):

$$E_{\text{кп}} = \varepsilon + \Delta_e + \Delta_{\text{зас}} + \Delta_t + \Delta_p + \Delta_{\text{вз}} \quad (2.10)$$

де Δ_p – погрішність передавального пристрою;

Δ_e – погрішність виготовлення еталонної деталі;

$\Delta_{\text{зас}}$ – погрішність вибраного засобу виміру;

Δ_t – погрішність, викликана зміною температури довкілля;

$\Delta_{\text{вз}}$ – погрішність, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації;

ε – погрішність положення контрольованої деталі в пристосуванні, розраховується за формулою (2.11):

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \quad (2.11)$$

де ε_6 – погрішність базування;

ε_3 – погрішність закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – неточність виготовлення елементів пристосування, розраховується за формулою (2.12):

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (2.12)$$

де Δ_1 – відхилення положення осі наконечника від заданої точки виміру;

Δ_2 – погрішність положення наконечника у горизонтальному напрямі;

Δ_3 – погрішність осьового переміщення;

Δ_4 – погрішність виміру величини відхилення від перпендикулярності переміщення вимірювального наконечника відносно осі отвору в деталі;

Δ_5 – погрішність від неспівпадіння напрямку виміру і розміру.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0 + 10^2 + 4^2 + 0 + 0} = 10.77 \text{ мкм}$$

Проводимо розрахунок погрішності положення контрольованої деталі за формулою (2.11):

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 10.11^2} = 10.77 \text{ мкм}$$

Погрішність, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації, розраховуємо за формулою (2.13):

$$\Delta_{\text{вз}} = 0.43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{\text{зус}}^2}{r}} \quad (2.13)$$

де $P_{\text{зус}}$ – вимірювальне зусилля, Н;

r – радіус вимірювального наконечника;

K – коефіцієнт, залежний від матеріалу наконечника.

$$\Delta_{\text{вз}} = 0.43 \cdot 0.81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{1.25}} = 0.37 \text{ мкм}$$

Проводимо розрахунок сумарної похибки контрольно-вимірювального приладу за формулою (2.10):

$$E_{\text{кїп}} = 10.77 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0.37 = 13.14 \text{ мкм}$$

Порівнявши розраховану фактичну сумарну погрішність з допустимою (згідно ДСТУ 8.051-81 [11]):

$$E_{\text{кїп}} = 13.21 \text{ мкм} < |E_{\text{кїп}}| = 20 \text{ мкм}$$

Отже робимо висновок, що необхідна умова точності при вимірюванні буде витримана.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ОСТАТОЧНОГО КОНТРОЛЮ ДЕТАЛЕЙ

Операція контролю є одним з найважливіших етапів у виготовленні будь якого виробу. Даний етап виробництва займає багато людино-часів та фінансових витрат. Особливо це стосується авіаційних деталей, які практично всі є тонкостінними і мають складну геометричну форму, через що є в наявності велика кількість розмірів, параметрів тощо, що потрібно контролювати. До того ж такі деталі є відповідальними (до них відносяться вузли підшипникових опор), або особливо відповідальними, і тому потребують великої кількості точних замірів.

Застосування автоматизації контролю повинно бути обґрунтовано технічно й економічно. Основні міркування, якими потрібно керуватися при виборі механізації і автоматизації контролю і необхідних вимірювальних засобів [12]:

- а) раціональна схема контролю, що забезпечує перевірку з заданою точністю і стабільністю показів вимірювання;
- б) найменші з можливих трудові затрати на контрольні операції;
- в) досягнення мінімального часу на операцію контролю;
- г) суміщення контролю декількох параметрів в одному контрольному переході, тобто використання пристроїв для контролю декількох величин одночасно;
- д) використання найбільш економічних приладів і пристроїв;
- е) застосування надійних і довговічних пристроїв, простих в експлуатації і ремонті.

Тобто автоматизація контролю повинна економити час, фінанси та давати можливість використовувати універсальні приладдя для контролю.

Контроль може проходити як під час обробки, безпосередньо на верстатах, так і остаточно на вимірювальних машинах.

3.1 Контроль на верстатах з ЧПК та обробних центрах

Одним з напрямків контролю деталей є контроль під час обробки, тобто не знімаючи з верстату (рис. 3.1). Така можливість з'явилась на сучасному обладнанні, на яке є можливість встановлення та використання датчиків контролю.



Рисунок 3.1 – Контроль розміру деталі на верстаті

Датчики контролю які використовуються на верстатах з ЧПК та обробних центрах діляться на два типи:

1) датчики, які видають результати контролю, але вимагають втручання оператора для прийняття рішення щодо корегування та проведення його відповідно;

2) датчики, які не вимагають стороннього втручання, а проводять контроль та корегування самостійно.

Також датчики, які використовуються для контролю безпосередньо на обладнанні діляться на два види:

1) безконтактні датчики:

- лазерні датчики (рис.3.2) – дають можливість сканування необхідних точок на деталі без зупинки процесу обробки з можливістю внесення автоматичного корегування процесу обробки;

2) контактні датчики:

- оптична система - забезпечує передачу сигналу між датчиком та системою ЧПУ у інфрачервоному діапазоні (рис.3.3,а);

- радіочастотна система - забезпечує передачу сигналу між датчиком та системою ЧПУ верстата на великих відстанях (рис.3.3,б);
- індуктивна система – дозволяє передавати сигнал і живить датчик через вузьку щілину між двома індуктивними модулями (рис.3.3,в);
- дротова система – використовується для наладки інструменту (рис.3.3,г).



Рисунок 3.2 – Лазерний датчик

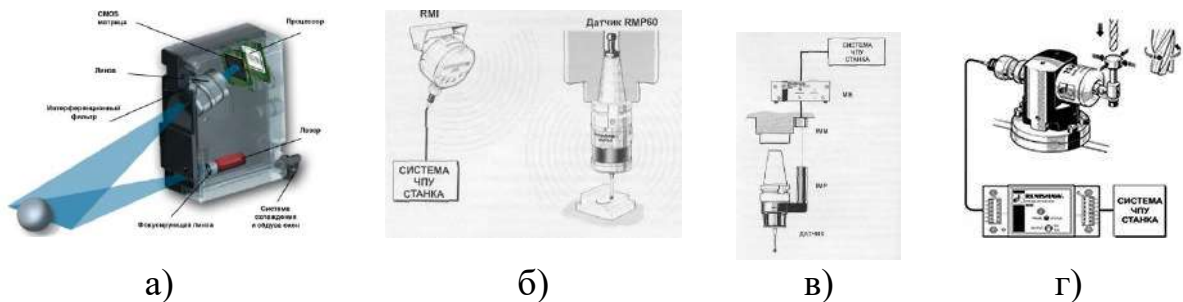


Рисунок 3.3 – Контактні датчики (а – оптичний; б - радіочастотний; в – індуктивний; г – дротовий)

3.2 Остаточний контроль

Остаточний контроль часто проводився контролерами вручну. Для більш точного контролю почали використовувати координатно-вимірні машини (КВМ) (рис.3.4).

Координатно-вимірні машина (КВМ) - програмно-технічний комплекс, використовуваний в багатьох галузях виробництва для контролю геометричних параметрів готових виробів, заготовок, інструменту, оснащення тощо. Управління КВМ здійснюється у ручному режимі або по керуючій

програмі з персонального комп'ютера. Робочим елементом КВМ є піноль, на якій встановлена вимірювальна головка з датчиком. Датчики можуть бути контактні, лазерні та оптичні [13].

За допомогою КВМ проводиться контроль параметрів геометричних елементів (точки, прямої, площини, окружності, сфери, циліндра, конуса), їх взаємного розташування і відхилення від правильності форми. КВМ дозволяє проводити аналіз складних криволінійних поверхонь, а програмне забезпечення з комплекту поставки КВМ, дає можливість проводити порівняння результатів вимірювання з математичною моделлю [13].



Рисунок 3.4 – Координатно-вимірювальна машина

У сучасній промисловості КВМ замінюють на більш точний метод контролю - 3D-контроль на сканері. Дані сканері дають можливість вирішити проблему продуктивності, яка виникає при використанні КВМ.

3D-сканери забезпечують точні та швидкі вимірювання, добре справляючись із контролем якості в умовах виробничого цеху.

3D-сканери діляться на два види:

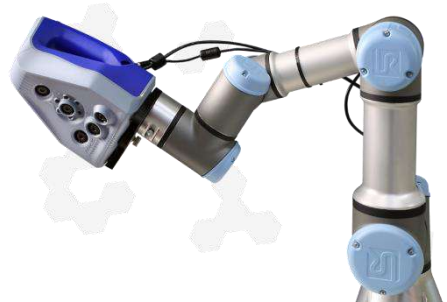
1) ручний сканер (рис.3.5,а) - використовуються в промисловості для метрологічного контролю розмірів, відхилень та якості деталей. Оператор/контролер проводить сканування виробу, на комп'ютері у спеціальній програмі будується 3D-модель відсканованої деталі та

порівнюється з математичною моделлю, створеною конструкторами;

2) робот-маніпулятор (рис.3.5,б) - може сканувати великі об'єкти в повністю автоматичному режимі та скоротити кількість помилок, які допускаються на лінії через людський фактор [14].



а)



б)

Рисунок 3.5 - 3D-сканери (а – ручний; б – робот-маніпулятор)

3D-сканер поєднує в собі переваги оптичних технологій і технології блакитного лазера і здатний створювати високоточні 3D-скани складних деталей з блискучою або дзеркальною поверхнею [14]. Пропонується ввести такі сканери в остаточну контрольну операцію виготовлення кришки підшипника, для значного підвищення продуктивності і якості контролю тонкостінної складнопрофільної конструкції.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Розрахунок деталі на міцність дозволяє оцінити найуразливіші частини деталі та конструкції в цілому.

Для розрахунку на міцність використовується спеціальний модуль програми NX 12.0 та математична модель даної деталі.

3D-модель деталі розбиваємо на сітку кінцевих елементів (рис.4.1), задаємо параметри елементів - 3D-тетроедральна.

Для проведення розрахунків необхідно закріпити деталь та прикласти навантаження, як показано на рисунку 4.2.

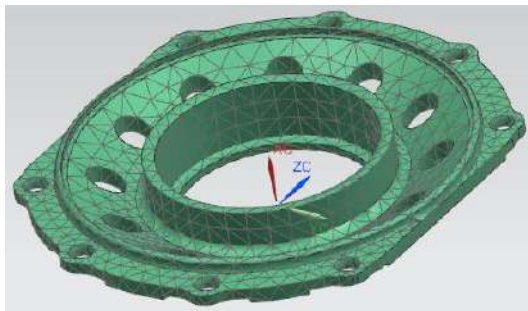


Рисунок 4.1 – Математична модель деталі

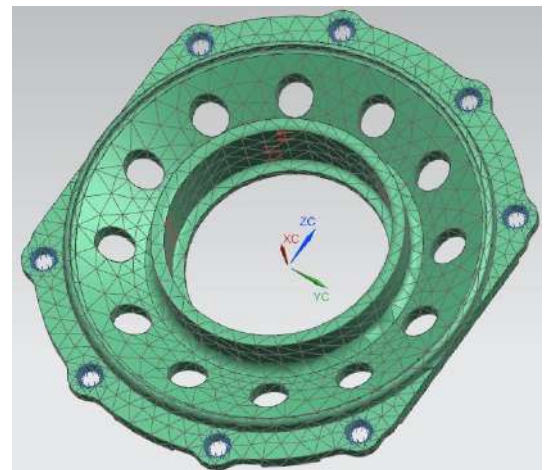


Рисунок 4.2 – Схема закріплення та прикладання навантаження до деталі

За отвори діаметром $\varnothing 7H11$ проводимо фіксоване обмеження, а до діаметру прикладаємо рівнорозподілене навантаження – 100 МПа.

Далі проводимо розрахунок, а його результати показуємо на рисунку 4.3.

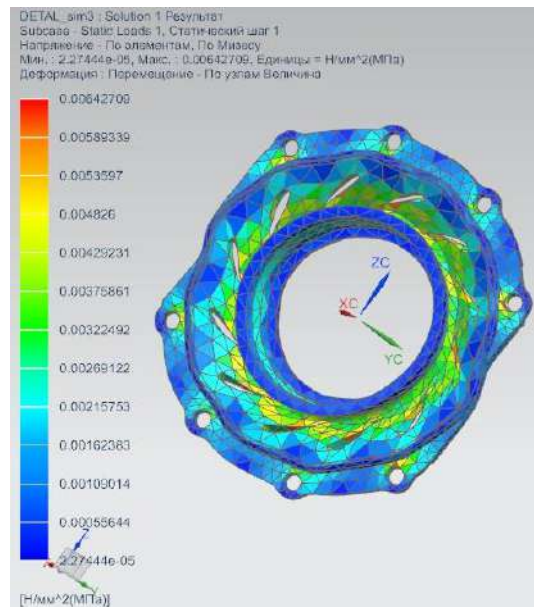


Рисунок 4.3 – Результати розрахунку – НДС моделі

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Для виявлення того, при яких внесених корективах в геометрію деталі може зменшитись або збільшитись вплив навантаження на деталь, слід провести ще декілька розрахунків, враховуючи вразливість тонкостінних елементів кришки підшипника.

Так, проводимо зміну діаметру під підшипник $\varnothing 72H7$ (рис.4.4) на 67 мм та 77 мм.

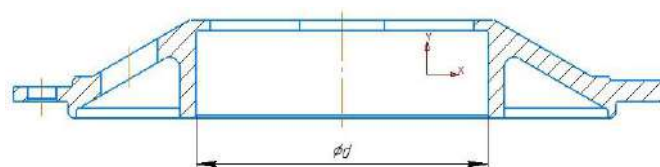


Рисунок 4.4 – Ескіз деталі з вказаним місцем зміни

Результати проведених додаткових розрахунків показуємо на рисунку 4.5.

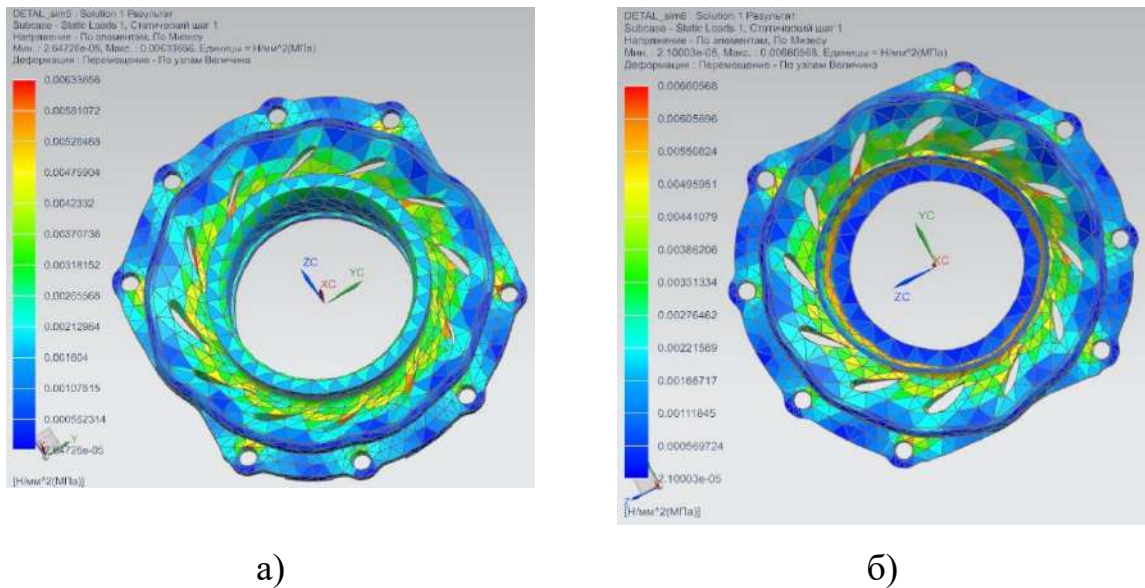


Рисунок 4.5 – Результати проведених розрахунків
(а – 67 мм; б – 77 мм)

За результатами проведених розрахунків будемо графік залежності та показуємо його на рисунку 4.6.

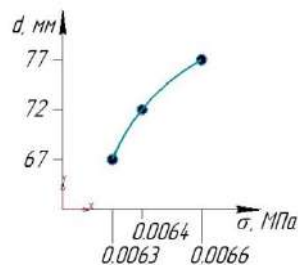


Рисунок 4.6 – Графік залежності напружень від діаметра

4.3 Оптимізація геометрії деталі (рекомендації)

З проведених розрахунків можливо сказати, що для зменшення напружень у небезпечному перерізі необхідно змінити розмір діаметру у меншу сторону.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.

ОЧИЩЕННЯ СТРУЖКИ СТРАТЕГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇЇ БРИКЕТУВАННЯ

5.1 Аналіз літературних джерел

З швидким плином та вдосконаленням технологічного прогресу значно збільшуються темпи використання сировини (металу, кольорових сплавів тощо), яка в свою чергу має властивість вичерпуватися. Що тягне за собою підвищення попиту, а з тим і зріст цін на цю сировину. Враховуючи, що запаси руди не безкрайні, а легкодоступний металобрухт майже вичерпаний, постає завдання пошуку можливостей поновлення сировинних ресурсів металу.

Основним зі способів поновлення тієї самої сировини, саме і є збирання з наступною переробкою металевої стружки, що утворюється в результаті обробки деталей на металообробних верстатах. При обробці тонкостінних деталей в авіадвигунобудівному виробництві (через мінімізацію маси) утворюється чимала кількість металевої стружки. Через тонкостінність деталей і необхідність видаляти більшу частину матеріалу з заготовки, щоб отримати готову деталь, відсоток стружки подекуди становить до 90% від загальної маси оброблюваних заготовок (КВМ кришки підшипника дорівнює 0,38, тобто стружки буде 62% від маси заготовки 1,85 кг при масі деталі 0,71 кг. Тобто стружки на дільниці з однієї деталі буде більше кілограму, враховуючи річну програму випуску, за рік стружки буде декілька тон). Це є специфікою авіаційних підприємств. Що в свою чергу для машинобудування є дуже вагомою, якщо й не недопустимою, кількістю відходів, які могли б піддатися переробці, а саме переплавлення для отримання нової сировини.

Враховуючи напрямок авіабудівної промисловості на зниження маси деталей (і, відповідно, всього двигуна), що збільшує відносний обсяг стружки при обробці тонкостінних та складно-профільних деталей, який часто перевищує 50% маси заготовки, та специфічність авіаційних матеріалів, які є

стратегічними – збирання, очищення, брикетування, зберігання і транспортування стружки є важливою задачею виробництва.

Структура переробки стружки показана на рисунку 5.1, а на рисунку 5.2 та 5.3 показано приклад централізованої та децентралізованої переробки стружки відповідно.

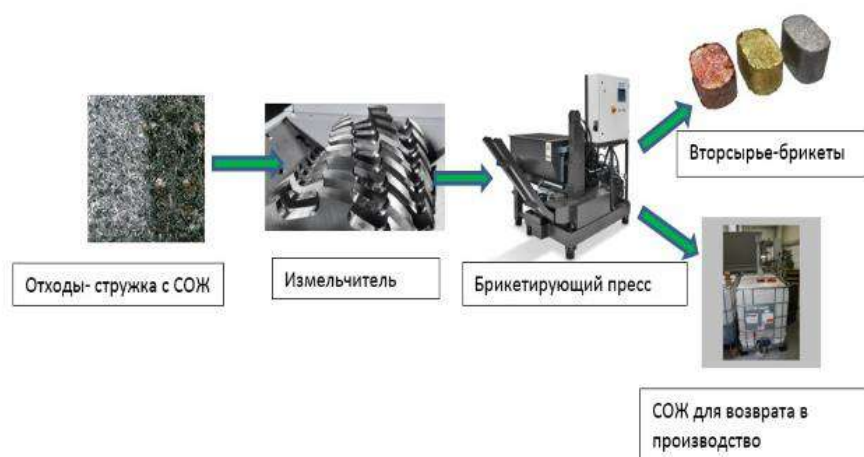


Рисунок 5.1 – Схема переробки стружки

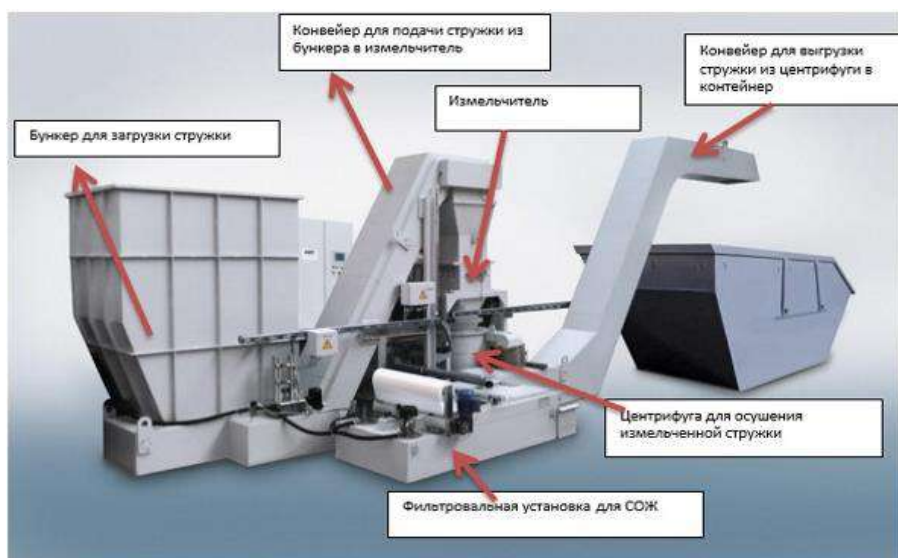


Рисунок 5.2 – Приклад централізованої схеми переробки стружки – комплексна система

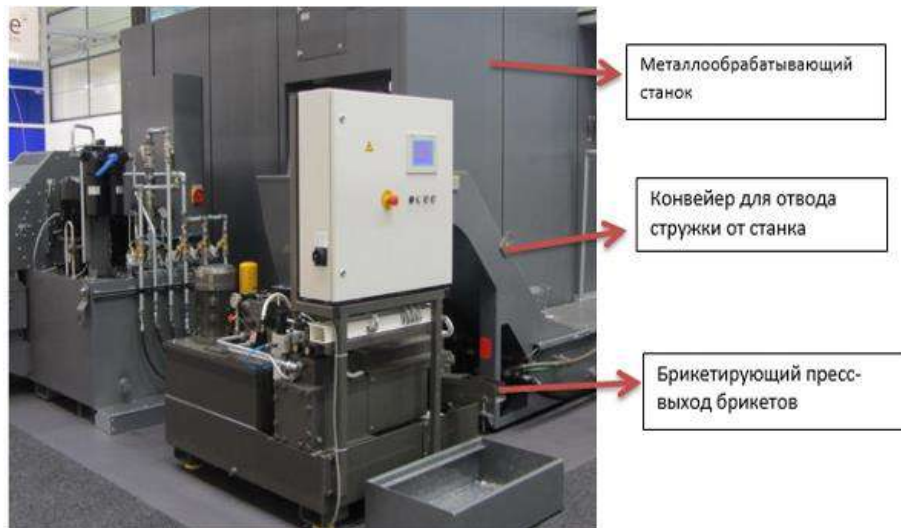


Рисунок 5.3 – Пример децентрализованной схемы переработки стружки

5.1.1 Збирання стружки

Першим етапом у переробці стружки є її збирання. Структурна схема збирання стружки є такою:

- 1) дроблення на верстаті;
- 2) транспортування в люк або короб;
- 3) транспортування від верстата до збірних коробів (у проїздів);
- 4) транспортування у відділення;
- 5) переробка стружки в брикети (пакети).

Для збирання стружки з робочої зони сучасні верстати мають спеціальні пристрої шнекового, скребкового або інерційного типу, які переміщують стружки в короб або люк, розташовані з тильної сторони верстата [15]

Застосовуються наступні способи збирання стружки з робочої зони верстатів [16]:

- механічний за допомогою транспортерів, шкребків, щіток;
- гравітаційний, при якому стружка падає на похилі поверхні пристосувань і верстатів і потім звалюється на транспортер під верстатами;

- змивання стружки струменем емульсії, відсмоктування стружки стисненим повітрям, видалення стружки електромагнітом;
- комбінований спосіб.

5.1.2 Очищення стружки

Відходи металообробки є цінним сировинним компонентом. У той же час треба мати на увазі, що металева стружка забруднена змащувально-охолоджувальними технологічними середовищами (ЗОТС), що перешкоджає її використанню у металургійному виробництві. До складу ЗОТС можуть входити такі забруднюючі речовини, як мило; мінеральні, тваринні та рослинні олії зі сполуками фосфору, сірки та хлору; гас, емульсії з добавками твердих змащувальних речовин (графіту, парафіну, воску тощо). Внаслідок цього погіршується брикетування та знижується металургійна цінність отриманих брикетів. При їх завантаженні в доменну піч утворюються тугоплавкі зольні залишки, що збільшує вміст неметалевих включень у сталі [17...19].

Очищення стружки може відбуватись декількома методами [20]:

1. Термовібраційне очищення – цей метод очищення оснований на проведенні очищення твердої фази дрібно фракційної стружки (до 5 мм), який базується на нагріванні стружки до температури 80...100°C з вібрацією частотою $n=47.5$, при цьому вміст олії в кінцевому продукті не перевищує 1.0...1.5%.

2. Центробіжне фільтрування - цей метод очищення оснований на проведенні очищення твердої фаз крупно фракційної стружки (5...50 мм) інтенсифікується підвищенням фактора поділу до $Fr=300...350$ та нагріванням стружки до 40...60°C, залишковий вміст масляної ЗОТС у стружці становить 1.0...1.5%, водоемульсійної – до 1% при загальному вихідному вмісті рідкої фази 6...15%.

5.1.3 Брикетування стружки

Перед переробкою металевої стружки вона підлягає ущільненню, стисненню (брикетуванню або пакуванню) для того, щоб значно зменшити її об'єм для зручного зберігання і транспортування, а також щоб виключити можливість виникнення підвищеного вигорання в зоні дії дуги, збільшити обсяг заповнення камери плавильної печі та полегшити процес плавлення [21].

Одними з найбільш корисних машин у процесі переробки є подрібнювачі (рис.5.4,а), конвеєри (рис.5.4,б), компактори (рис.5.4,в) та преси (рис.5.4,г).

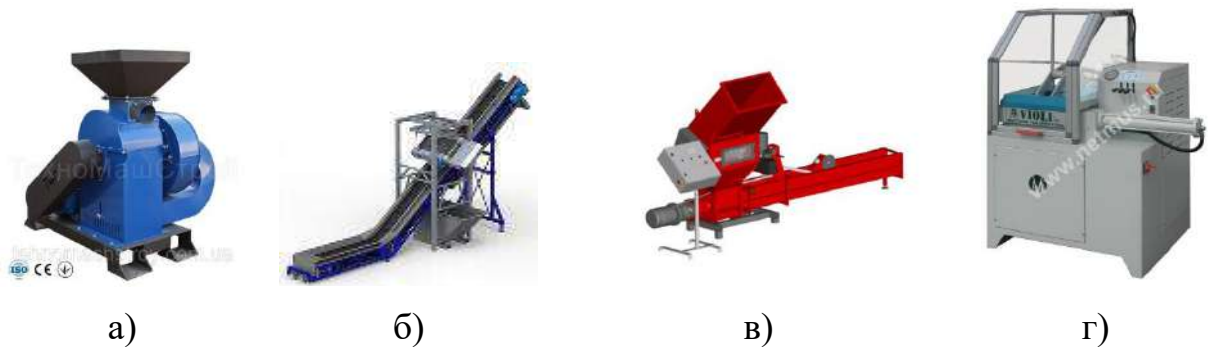


Рисунок 5.4 – Машини для переробки стружки

(а – подрібнювач для стружки; б – конвеєр для стружки;
в – компактор для стружки; г – прес для стружки)

Пресування (брикетування) - це ефективний спосіб скоротити витрати на транспортування та максимізувати корисне навантаження під час кожного збору відходів. Пресувальні машини використовують унікальний процес пресування для деформації великих шматків металу в менші форми, наприклад кубоподібні або циліндричні, залежно від щільності металів. Машини використовують гідравліку для роботи пресувального механізму, який пресує металеві відходи та стружку у брикети. Пресування металобрухту в брикети допомагає заощадити витрати, збільшуючи кількість металевих відходів, яку можна вивезти одним транспортним засобом [22].

Машина для брикетування металевих відходів може широко використовуватись для різних технологічних процесів, що включають в себе різні види заготовок, а саме алюмінієві профілі, сталеві відливки, алюмінієві відливки, мідні відливки. Машина та обладнання можуть миттєво пресувати порошкоподібну сталеву стружку, мідні та алюмінієві відходи, шлак тощо, і пресувати їх у коржі вагою 3...6 кг за допомогою гідравлічного пресу або штампувальної машини, що зручно для транспортування та подачі в піч. Весь процес не вимагає нагрівання, домішок або інших методів обробки. Відносна щільність відходів після пресування становить 5...6 т/м³. Використання безпосередньо холодного пресування гарантує, що вихідна сировина залишається незмінною [22]. Такий вид оброблення стружки для стратегічних матеріалів забезпечує мінімальний вплив на їх хімічний склад, мінімальне окислення тощо. Це збільшує вірогідність їх повторного використання, що в умовах ресурсозбереження є дуже важливим.

Отже, можливо зробити висновок що:

- зводиться до мінімуму кількість відходів при металообробці;
- створюється сировина, яку можна продати або задіяти в інших виробничих процесах на підприємстві;
- екологічний аспект – безвідходне виробництво знижує потребу у видобутку корисних копалин, чим зменшує негативний вплив на природні надра та засмічення навколишнього середовища.

5.1.4 Зберігання стружки

Зберігання стружки становить проміжний етап у переробці стружки.

Після очищення та брикетування стружку необхідно відвести до спеціалізованого місця для зберігання. Але також можливо зберігати стружку безпосередньо у металообробному цеху, для цього використовують спеціальні контейнери.

За територією цеху складувати стружку потрібно в окремій металевій ємності з кришкою на відстані не менше ніж 5 метрів від відкритого джерела вогню. Використовуваний майданчик повинен мати рівну тверду поверхню, обгороджену бортиками [23].

5.1.5 Транспортування стружки

Транспортування стружки від верстатів до збірних коробів або бункерів проводиться за допомогою електровізків і навантажувачів, електротельферів на монорейці, мостових кранів, кран-балок, транспортерів. Збірні коробки транспортуються у відділення для переробки стружки тими ж транспортними засобами. Найбільш ефективно застосування транспортерів або конвеєрів, розташованих під підлогою. У цьому випадку застосовуються конвеєри наступних типів: шнекові (гвинтові), скребкові, ершово-штангові, ланцюгові, пластинчасті, стрічкові, інерційні, гідравлічні, пневматичні й ін.

На рисунку 5.5 показані приклади конвеєрів. А на рисунку 5.6 показано один з варіантів організації цехової транспортної структури видалення стружки.

5.2 Можливі шляхи вирішення

Провівши аналіз інформації з різних джерел стосовно питання очищення стружки стратегічних матеріалів та її брикетування, можна сказати однозначно, що це дозволить за максимумом використовувати увесь матеріал з якого виготовляються вироби з мінімальними залишками.

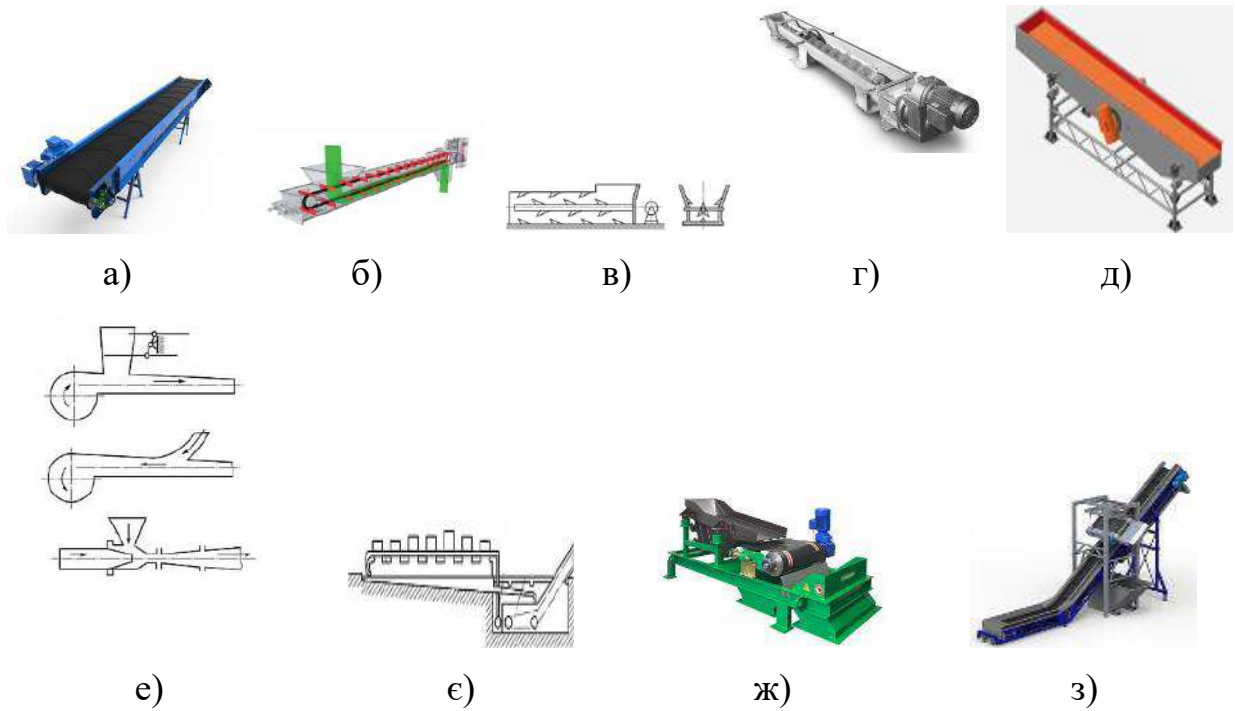


Рисунок 5.5- Приклади конвеєрів (а - стрічковий конвеєр; б – скребковий конвеєр; в - йоржевий конвеєр; г - шнековий конвеєр; д - вібраційний транспортер; е - пневматичні транспортери; є - гідравлічний транспортер; ж – магнітний сепаратор; з - магнітний конвеєр)

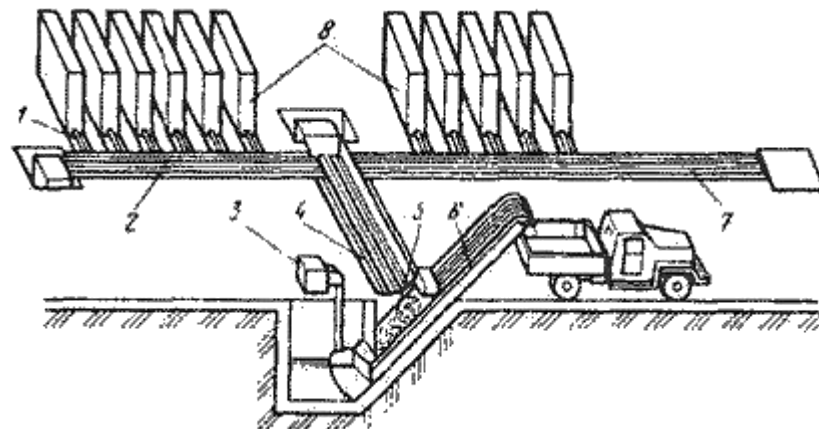


Рисунок 5.6 - Цехова транспортна система видалення стружки (1 – одно гвинтовий конвеєр; 2, 4, 7 – двогвинтовий конвеєр; 3 – електродвигун з редуктором; 5 – стружка; 6 - чотиригвинтовий конвеєр)

Автоматизація даного етапу виробництва дозволяє:

- зменшити кількість мастильних речовин у стружці після очищення;

- проведення швидкого брикетування та транспортування до місця переробки;
- зменшення впливу людського фактору.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Оцінка економічної ефективності від проведених заходів під час розробки ТП залежить від правильності підібраних та проведених заходів.

Проводимо порівняння базового та проектного ТП. Вихідні данні наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу		
	Базовий ТП		Проектований ТП
	Оп. 090	Оп. 105	Оп. 080
Річна програма випуску деталей N_p	5000		
Модель верстата	65A60-ПМФ4		обробний центр патронного типу з ЧПК мод. РТ-86
Штучний час $T_{шт}$, хв.	10.73	12.13	8.5
Розряд верстатника	5		
Розряд наладчика	-		
Основний час t_{oi} , хв	6.89	7.79	5.46
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65.1		
Число змін m	2		
Оптова ціна верстата F , грн	229600	229600	2680000
Число верстатів, шт	1	1	1
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	10	10	15
Норма амортизаційних відрахувань N_a %	12	12	12.2
Встановлена потужність електродвигунів, N	8.5	8.5	22

Розрахуємо умовну економічну ефективність за формулою (6.1):

$$E_{ye} = (C_1 - C_2) \cdot N, \text{ грн} \quad (6.1)$$

де C_1, C_2 – собівартість одиниці продукції обох ТП, які розраховуємо за формулою (6.2):

$$C_i = Z_{oi} + Z_{ni} + A_{vid,i} + S_{pi} + S_{in,i} + S_{ni} + S_{ei} + I_{ni}, \text{ грн} \quad (6.2)$$

де Z_{oi} - заробітна плата верстатника, грн.;

Z_{ni} - заробітна плата наладчика, грн.;

$A_{vid,i}$ - відрахування на амортизацію обладнання, грн.;

S_{pi} - витрати на ремонт та обслуговування обладнання, грн.;

$S_{in,i}$ - витрати на різальний інструмент, грн.;

S_{ni} - витрати на налаштування інструментів поза верстатом, грн.;

S_{ei} - витрати на електроенергію, грн.;

I_{ni} - витрати інші, розраховуємо за формулою (6.3):

$$I_n = Z_o \cdot k_{zag}, \text{ грн} \quad (6.3)$$

де k_{zag} – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати [24,ст.17];

Z_{oi} - заробітна плата верстатника, розраховуємо за формулою (6.4):

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт_i} \cdot C_{тар} \cdot K_d \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \quad (6.4)$$

де $m_{оп}$ – кількість операцій у ТП;

$t_{шт_i}$ – норма штучного часу виконання і-ой операції, год;

$C_{тар}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника верстатника на операції, грн. [24,ст.33,табл.А.1];

K_d – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника верстатника при багатOVERSTATному обслуговуванні [24,ст.13,табл.2.1];

$k_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату, [24,ст.13];

$k_{\text{соц}}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, [24,ст.13].

$$З_{o,090} = 10.73 \cdot 65.1 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1.4 = 19.56 \text{ грн}$$

$$З_{o,105} = 12.13 \cdot 65.1 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1.4 = 22.11 \text{ грн}$$

$$З_{o,080} = 8.5 \cdot 65.1 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1.4 = 15.49 \text{ грн}$$

Інші загальновиробничі витрати розраховуємо за формулою (6.3):

$$I_{н,090} = 19.56 \cdot 0.2 = 3.91 \text{ грн}$$

$$I_{н,105} = 22.11 \cdot 0.2 = 4.42 \text{ грн}$$

$$I_{н,080} = 15.49 \cdot 0.2 = 3.1 \text{ грн}$$

Результати розрахунків наводимо у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 - Заробітна плата верстатника згідно ТП

Технологічний процес			Показники					
	Оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт, хв.}}$	$C_{\text{тар, грн}}$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$I_{н, грн}$	$З_{o, грн}$
Базовий	090	Свердлильна з ЧПК	10.73	65.1	1.2	1.4	3.91	19.56
	105	Свердлильна з ЧПК	12.13	65.1	1.2	1.4	4.42	22.11
	$\Sigma:$						8.33	41.67
Проектований	080	Свердлильна з ЧПК	8.5	65.1	1.2	1.4	3.1	15.49

Амортизаційні відрахування на обладнання та дороге оснащення з тривалим терміном служби розраховуємо за формулою (6.6):

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{1000 \cdot F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.6)$$

де K_i – первісна вартість обладнання на i -ої операції, грн;

H_{ai} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання на i -ої операції;

t_{oi} – основний час на i -ої операції, хв;

F_d – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

$$A_{\text{від},090} = \frac{229600 \cdot 12 \cdot 6.89}{1000 \cdot 4015 \cdot 60} = 0.08 \text{ грн}$$

$$A_{\text{від},105} = \frac{229600 \cdot 12 \cdot 7.79}{1000 \cdot 4015 \cdot 60} = 0.09 \text{ грн}$$

$$A_{\text{від},080} = \frac{2680000 \cdot 12.2 \cdot 5.46}{1000 \cdot 4015 \cdot 60} = 0.74 \text{ грн}$$

Результати розрахунків наводимо у таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 - Амортизаційні відрахування на обладнання згідно ТП

Технологічний процес			Показники				
	Оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт, хв.}}$	$K, \text{ грн}$	$H_a, \%$	F_d	$A_{\text{від, грн}}$
Базовий	090	Свердлильна з ЧПК	10.73	229600	12	4015	0.08
	105	Свердлильна з ЧПК	12.13	229600	12	4015	0.09
	$\Sigma:$						0.17
Проектований	080	Свердлильна з ЧПК	8.5	2680000	12.2	4015	0.74

Витрати на інструмент розраховуємо за формулою (6.7):

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \cdot \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{C_{\text{ін.}ij} \cdot t_{\text{шт.}ij} \cdot \eta_T}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)}, \text{ грн} \quad (6.7)$$

де $C_{\text{ін.}ij}$ – ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, грн./шт;

$t_{\text{шт.}ij}$ – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

$n_{\text{ін}}$ – номенклатура інструментів на i -ої операції [24,ст.22,табл.3.8];

T_{ij} – період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, хв
[24,ст.22,табл.3.8];

n_j – число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або
кількість ріжучих граней інструменту [24,ст.22,табл.3.8];

η_T – коефіцієнт машинного часу.

$$S_{\text{ін},090} = \frac{150 \cdot 10.73 \cdot 0.7}{60 \cdot (10 + 1)} = 1.71 \text{ грн}$$

$$S_{\text{ін},090} = \frac{150 \cdot 12.13 \cdot 0.7}{60 \cdot (10 + 1)} = 1.93 \text{ грн}$$

$$S_{\text{ін},090} = \frac{150 \cdot 8.5 \cdot 0.7}{15 \cdot (10 + 1)} = 5.41 \text{ грн}$$

Результати розрахунків наводимо у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 - Витрати на інструмент згідно ТП

Технологічний процес			Показники							
	Оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	C_i , грн	Типорозміри інструменту	n_i	T , хв	n_j	η_{mi}	$S_{\text{ін}}$, грн
Заводський	090	Свердлильна з ЧПК	10.73	150	свердло спіральне	1	60	10	0.7	1.71
	105	Свердлильна з ЧПК	12.13	150	свердло спіральне	1	60	10	0.7	1.93
	Σ :									3.64
Проектуємий	080	Свердлильна з ЧПК	8.5	150	свердло спіральне	2	15	10	0.7	5.41

Витрати на технологічну електроенергію розраховуємо за формулою (6.8):

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t_{\text{штк}}}{\eta \cdot k_B} \cdot C_e, \text{ грн} \quad (6.8)$$

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю [24,ст.16];

$k_{\text{ч}}$ – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом [24,ст.16];

$k_{\text{од}}$ – середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата [24,ст.16];

k_w – коефіцієнт,що враховує втрати електроенергії в мережі заводу [24,ст.16];

Ц_e – вартість 1 кВт · год електроенергії, грн/кВт.

$$S_{e,090} = \frac{8.5 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.08 \cdot (10.73/60)}{0.85 \cdot 1.1} \cdot 3.45 = 3.82 \text{ грн.}$$

$$S_{e,105} = \frac{8.5 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.08 \cdot (12.13/60)}{0.85 \cdot 1.1} \cdot 3.45 = 4.31 \text{ грн.}$$

$$S_{e,080} = \frac{22 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.08 \cdot (5.46/60)}{0.85 \cdot 1.1} \cdot 3.45 = 7.82 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків наводимо у таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 - Витрати на технологічну електроенергію згідно ТП

Технологічний процес			Показники									
	Оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт, хв.}}$	$\text{Ц}_e, \text{грн./кВт-год}$	$N_e \text{ кВт}$	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_w	η_e	k_B	$S_e, \text{грн}$
Базовий	090	Свердлильна з ЧПК	10.73	3.45	8.5	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	3.82
	105	Свердлильна з ЧПК	12.13	3.45	8.5	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	4.31
	$\Sigma:$											8.13
Проектований	080	Свердлильна з ЧПК	8.5	3.45	22	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	7.82

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання розраховуємо за формулою (6.9):

$$S_p = \frac{Ц_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N}, \text{ грн} \quad (6.9)$$

де $Ц_{то}$ – залишкова вартість обладнання, грн;

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду [24,ст.16];

C_p - кількість верстатів на кожну операцію розраховуємо за формулою (6.10):

$$C_p = \frac{t_{шт-кл} \cdot N}{F_d \cdot k_v \cdot k_z \cdot 60} \quad (6.10)$$

де k_v – коефіцієнт виконання норм часу;

k_z – коефіцієнт завантаження обладнання.

$$C_{p,090} = \frac{10.73 \cdot 5000}{4015 \cdot 1.1 \cdot 0.8 \cdot 60} = 0.25 \quad \text{Приймаємо: } C_{п,090}=1$$

$$C_{p,105} = \frac{12.13 \cdot 5000}{4015 \cdot 1.1 \cdot 0.8 \cdot 60} = 0.29 \quad \text{Приймаємо: } C_{п,105}=1$$

$$C_{p,080} = \frac{8.5 \cdot 5000}{4015 \cdot 1.1 \cdot 0.8 \cdot 60} = 0.2 \quad \text{Приймаємо: } C_{п,080}=1$$

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання розраховуємо за формулою (6.9):

$$S_{p,090} = \frac{229600 \cdot 0.02 \cdot 0.25}{5000} = 0.23 \text{ грн}$$

$$S_{p,105} = \frac{229600 \cdot 0.02 \cdot 0.29}{5000} = 0.26 \text{ грн}$$

$$S_{p,080} = \frac{2680000 \cdot 0.02 \cdot 1}{5000} = 2.15 \text{ грн}$$

Результати розрахунків наводимо у таблицю 6.6.

Собівартість одиниці продукції обох ТП, які розраховуємо за формулою (6.2):

$$C_3 = 41.67 + 0.17 + 3.64 + 8.13 + 0.5 + 8.33 = 62.43 \text{ грн}$$

$$C_{\pi} = 15.49 + 0.74 + 5.41 + 7.82 + 2.15 + 3.01 = 34.72 \text{ грн}$$

Таблиця 6.6 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання згідно ТП

Технологічний процес			Показники		
	Оп.	Найменування операції	K_p	C_p	S_p , грн
Базовий	090	Свердлильна з ЧПК	0.02	0.25	0.23
	105	Свердлильна з ЧПК	0.02	0.29	0.26
	Σ :				0.49
Проектова-ний	080	Свердлильна з ЧПК	0.02	0.2	2.15

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 6.7.

Таблиця 6.7 - Розрахунок елементів технологічної собівартості

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Проектований
Заробітна плата верстатника, грн	Z_o	41.67	15.49
Заробітна плата наладчика, грн	Z_n	-	-
Відрахування на амортизацію обладнання, грн	$A_{\text{від}}$	0.17	0.74
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання, грн	S_p	0.5	2.15
Витрати на різальний інструмент, грн	$S_{\text{ін}}$	3.64	5.41
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом, грн	S_n	-	-
Витрати на електроенергію, грн	S_e	8.13	7.82
Витрати інші, грн	I_n	8.33	3.10
Технологічна собівартість, грн	C_T	62.43	34.72

Також необхідно розрахувати:

1) фактичний коефіцієнт завантаження верстата розраховуємо за формулою (6.11):

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{C_n}, \% \quad (6.11)$$

$$\eta_{зф} = \frac{0.25}{1} = 0.25 \quad \eta_{зф} = \frac{0.29}{1} = 0.29 \quad \eta_{зф} = \frac{0.2}{1} = 0.2$$

2) кількість операцій, що виконуються на робочому місці, розраховуємо за формулою (6.12):

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} \quad (6.12)$$

$$O_{090} = \frac{0.8}{0.25} = 3.16 \quad O_{105} = \frac{0.8}{0.29} = 2.8 \quad O_{080} = \frac{0.8}{0.2} = 3.99$$

Результати розрахунків наводимо у таблицю 6.8.

Таблиця 6.8 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій згідно ТП

Технологічний процес			Показники					
	Оп.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	C_p	C_n	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$
Базовий	090	Свердлильна з ЧПК	10.73	0.25	1	0.25	3.16	3.16
	105	Свердлильна з ЧПК	12.13	0.29	1	0.29	2.8	2.8
	$\Sigma:$						5.96	2.98
Проектований	080	Свердлильна з ЧПК	8.5	0.2	1	0.2	3.99	3.99

Розрахуємо умовну економічну ефективність за формулою (6.1):

$$E_{ye} = (62.43 - 34.72) \cdot 5000 = 138585 \text{ грн}$$

Провівши аналіз розрахунків можливо сказати, що впровадження розробленого ТП приведе до зниження витрат на 138585 грн. на рік,

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Проаналізувавши умови праці на механічній дільниці та усю технологічну документацію, визначено, що для забезпечення безпеки необхідно провести комплексний та всебічний аналіз факторів, що можуть викликати небезпеку. На базі документації та різноманітних досліджень зазначено, що найбільш інформативним є підхід, коли інформація надається у вигляді таблиць. Це дає можливість проаналізувати взаємозв'язки подій, та визначити найбільш раціональні підходи для гарантії безпеки працюючих. На рисунку 7.1 наведена комплексна схема потенційних небезпек, що характерні для технологічного процесу на механічній дільниці. Як видно, основні види травм, що можуть виникнути – це пошкодження шкіряного покриву, забої рук та ніг з різним ступенем важкості. Причиною виникнення зазначених проблем є порушення правил експлуатації технологічного обладнання. На жаль, часто порушуються і організаційні принципи забезпечення безпеки, наприклад: робота без засобів індивідуального захисту або не достатньо ефективний колективний захист. Порушення правил з електробезпеки може стати причиною виникнення електротравм, наслідки яких можуть проявлятися тривалий термін та впливати на загальне здоров'я. Опіки можуть виникати при необачності працюючих при роботі з гарячим обладнанням або деталями, температура поверхні яких під час механічної обробки підвищується більше ніж 40°C. Порушення правил пожежної безпеки також може привести не тільки до опіків різного ступеню важкості (від легкого до 4 ступеню), але і до розповсюдження вогню на значні площі, до руйнування приміщення, до матеріальних збитків і, навіть, до загибелі людей, що не мали можливості швидко покинути небезпечну зону. Низькі температури восени, взимку можуть стати причиною загального захворювання робітників та порушення графіка виконання робіт, виникненню підвищеної втомлюваності.



Рисунок 7.1 – Комплексна схема потенційних небезпек, характерних для технологічного процесу на механічній дільниці

7.2. Заходи по забезпеченню безпеки

Безпека працюючих на механічній дільниці передбачена при розробці технологічного процесу, при дотриманні правил, вимог документації та інструкцій, що є обов'язковими на кожному робочому місці.

Для гарантії безпеки працюючих, не залежно від ступеню їх уваги, кваліфікації та свідомості, всі частини обладнання, що рухаються, захищені відповідно вимог ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Передбачений конструктивно захисний кожух захищає працівника від потенційних механічних травм частками матеріалу або металевого пилу, що може відлітати в процесі обробки. Передбачено обов'язкове використання засобів індивідуального захисту відповідно до інструкції з їх експлуатації, (затверджено наказом Державного Комітету

України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду за № 53 від 21.05.2008 р.) Постійне застосування захисту очей, рук та ніг (ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація») дає можливість запобігти механічному травмуванню робітників. Дане Положення встановлює порядок видачі та зберігання ЗІЗ і враховує основні вимоги Директиви Ради Європейського Економічного Співтовариства від 30 листопада 1989 року 89/656/ЄЕС "Про мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці".

Крім захисту робітників від різноманітних механічних травм в конструкції верстатів передбачений захист від потенційного травмування від дії електричного струму. Згідно «Правила улаштування електроустановок» («ПУЕ»), НПАОП 40.1-1.01.97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» («ПБЕЕ») заходи по електробезпеці верстатів передбачаються в процесі їх конструювання, під час виготовлення, а також монтажі. Періодичне навчання та ретельний контроль знань з питань забезпечення електробезпеки гарантує збереження здоров'я.

Вибір інструменту відповідно НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» також є обов'язковою умовою запобігання нещасних випадків під час роботи на механічній дільниці.

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.

Основним завданням санітарії та гігієни праці є створення комфортних та ергономічних умов під час роботи всім працюючим.

Санітарія і гігієна праці розглядає ряд факторів, що можуть впливати на здоров'я і самопочуття людини, визначає джерела виникнення цих факторів і встановлює способи захисту від них.

Для запобігання загальним захворюванням робітників визначені оптимальні та допустимі значення температури, вологості та швидкості руху повітря в виробничих приміщеннях в залежності від виду роботи, яку передбачається виконувати та згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Враховуючи, що на механічній дільниці, як правило, виконуються роботи середньої важкості, то бажано, щоб температура в зимку становила приблизно 18°C, а в літку - 21-23°C. Для зменшення викидів шкідливих речовин передбачено застосування місцевої вентиляції, що включена до загальної припливно-витяжної механічної вентиляції.

Наявність якісного освітлення, що відповідає типу роботи фахівців, відіграє суттєву роль у забезпеченні їх здоров'я. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» на механічній дільниці передбачене природне та штучне освітлення. Для дотримання вимог безпеки, комфортного виконання різноманітних робіт застосовується загальне освітлення 200 люкс, а також – місцеве (на верстатах передбачено при конструюванні та виготовленні обладнання). Крім того, обов'язковим є наявність аварійного освітлення – 2 люкси, що дасть можливість людям швидко евакуюватися з приміщення при надзвичайних ситуаціях чи під час пожежі. Для забезпечення штучного освітлення бажано використовувати лампи типу ДРІ, вони передбачають тривалий термін роботи (до 10000-12000 годин) та є економічно доцільними.

Впровадження сучасних видів механічної обробки деталей дає можливість зменшити негативний вплив вібрації, що є найбільш ймовірним фактором небезпеки на механічній дільниці. Віброхвороба, що виникає при тривалій роботі під впливом вібрації, яка перевищує нормативні значення, може бути виявлена при проходженні співробітниками періодичного медичного огляду. Для зменшення рівня вібрації під час роботи обладнання, враховано, що усі деталі, які рухаються, - повинні бути ретельно урівноважені,

та обов'язково змащуються, контролюється відповідно графіку ремонту обладнання.

Таким чином, проаналізувавши фактори, що впливають на загальну безпеку робітників на механічній дільниці (рис 7.1) визначено, що застосування сучасного обладнання, прогресивної технології та дотримання нормативів України створює умови для збереження здоров'я працюючим.

ВИСНОВКИ

У процесі написання магістерської роботи було вдосконалено ТП виготовлення деталі «Кришка підшипника» з метою введення автоматизованих технологічних прийомів з урахування особливостей виготовлення тонкостінних деталей, до яких відноситься й кришка підшипника.

Для цього було проведено такий спектр робіт:

- 1) обґрунтовано вибір типу виробництва та форми організації робіт;
- 2) обрано та економічно обґрунтовано спосіб отримання заготовки;
- 3) спроектовано технологічний МОП та МВД з урахуванням особливостей обробки тонкостінної конструкції;
- 4) розраховано технологічні розміри за операціями;
- 5) розраховано режими різання та нормування часу;
- 6) за допомогою спеціального модуля у NX CAM написані управляючі програми на три операції та проведено розрахунок на міцність тонкостінної кришки підшипника;
- 7) спроектовано робоче пристосування для свердлильної операції, а також контрольне пристосування для остаточного контролю биття;
- 8) розраховано оцінку очікуваної економічної ефективності від впровадження заходів вдосконалення вдосконаленого ТП відповідно до базового ТП.

У даній роботі запропоновано введення автоматизації остаточного контролю деталей. Також розглянуто проблему очищення стружки стратегічних матеріалів та її брикетування, переробки великої кількості стружки, яка виникає через низький коефіцієнт використання матеріалу тонкостінних виробів.

Розглянуто правила з охорони праці, яких необхідно дотримуватись при роботі у цеху та на металообробних верстатах. Розглянуто, які надзвичайні ситуації можуть виникнути та шляхи їх вирішення.

Спроектовано креслення деталі, заготовки та пристосувань, необхідні плакати. Розроблено альбом з технологічною документацією.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Авиация // Крылья Родины. - 2001. - №9. - С. 14-17.
2. StudFiles. Опис роботи механізму авіадвигунів. Електронний ресурс:
<https://studfile.net/preview/8968540/page:2/>.
3. Характеристика матеріалу 18ХГТ. Електронний ресурс:
http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=158.
4. Термообработка: загартування, відпуск, нормалізація, отжиг. Електронний ресурс: <https://rskrepeg.ru/informatsiya/statyi/termoobrabotka-zakalka-otpusk-normalizaciya>.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.
6. Технологічність конструкції виробів. Електронний ресурс:
<https://buklib.net/books/36258/>.
7. Студопедія. Проектування технологічного маршруту механічної обробки деталі. Електронний ресурс:
https://studopedia.com.ua/1_264335_proektuvannya-tehnologichnogo-marshrutu-mehanichnoi-obrobki-detali.html.
8. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя [Текст]:/ В 2т. Т.1./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
9. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя [Текст]:/ В 2т. Т.2./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с

10. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1983 – 256 с.

11. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Погрішності, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм. Електронний ресурс: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55992.

12. Автоматизація контролю і підналагодження верстатів. Електронний ресурс: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%90%D0%92%D0%9F%20%D0%B2%20%D0%9F%D0%91%20PDF%201/other/tema_6__avtomatizacziya_kontrolyu_i_pidnalagodzhennya_verstativ.pdf

13. Координатно-вимірювальні машини. Електронний ресурс: <http://www.koda.ua/ukr/products/group.html?id=299>

14. Система автоматизированного 3D-сканирования. Електронний ресурс: <https://iqb.ru/catalog/3dscanners/creaform-metrascan-r-black-elite/>

15. Відділення для переробки стружки. Електронний ресурс: <https://studfile.net/preview/3904272/page:14/>.

16. Контрольне відділення. Електронний ресурс: <https://studfile.net/preview/9734682/page:24/>.

17. Дияконів О.М. Комплексна переробка стружки та металовмісних шлаків. Мінськ: Технологія, 2012. 262 с.

18. Гарост А.І. Використання замасленої чавунної стружки для заміни дорогого дефіцитного брухту // Лиття та металургія. 2012. №2. С. 17-26.

19. Терлецький С.В. Про деякі проблеми переробки стружки в сучасних дугових сталеплавильних печах.// Лиття та металургія. 2005. № 3. С. 76-78.

20. Обезвоживание и обезмасливание металлической стружки. Електронний ресурс: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/8767/186-191.pdf?sequence=1>.

21. О.В. Веретільник. Технології переробки металевої стружки (Огляд) // Сучасна електрометалургія, 2020. - № 1, с. 31-38.

22. Знание. Електронний ресурс: NEWVISION. The uses and advantages of scrap metal balers. URL: <https://www.visionbaler.com/info/the-uses-and-advantages-of-scrap-metal-balers-67500984.html> (дата звернення: 03.04.2023).

23. Стружка на вес золота: как превратить отходы в прибыль. Електронний ресурс: <https://rsteel.ru/blog/struzhka-na-ves-zolota-kak-prevratit-otkhody-v-pribyl/#sbor>.

24. Методичні рекомендації для дипломного проєктування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спец. 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 – 43 с.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

Формат	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				Документация		
	A2		ЗП 293344.026 СК	Складальне креслення		
Станд. №				Сборочные единицы		
		1		Гідравлічний циліндр	1	
				ГОСТ 15150-69		
				Детали		
		2		Корпус	1	
		3		Кондукторська кришка	1	
		4		Кондукторська кришка	1	
		5		Втулка	1	
				Стандартные изделия		
		12		Болт М7.2-6g 7	7	
Подп. и дата				ГОСТ 7798-70		
		13		Болт М7.2-6g 7	18	
				ГОСТ 7798-70		
		6		Відкідна гайка	1	
Взам. инв. №				ГОСТ 3033-79		
		7		Втулка кондукторная	8	
Подп. и дата				ГОСТ 1978-81		
		8		Втулка кондукторная	10	
Инв. № подл.				ГОСТ 1978-81		
				НУЗП 293344.026		
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Гринділат М.Г.				
	Проб.	Степанов Д.М.				
	Нконтр.	Дядя С.І.				
Инв. № подл.	Утв.	Дядя С.І.				
				Пристосування для свердління отворів		
				Лист 1		Листов 2
				НУЗП зр.М-122м		
				Копировал		Формат А4

[illegible]

ДОДАТОК Б

Специфікація контрольного пристосування

		Формат	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.								
						<u>Документация</u>		
Стр. №	A2				НУЗП 401386.026СК	Складальне креслення		
						<u>Сборочные единицы</u>		
			1			Електронний індикаторний годинник	1	
			2			Блок датчиків	1	
						<u>Детали</u>		
			3			Плита	1	
			4			Стойка	1	
			5			Планка	1	
			6			Ролик	2	
						<u>Стандартные изделия</u>		
Подп. и дата								
			7			Болт 2x4.1 ГОСТ7798-70	2	
Инд. № подл.					НУЗП 401386.026 СК			
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристосування для контролю радіального биття		
	Разраб.	Гринділат М.Г.						
	Проб.	Степанов Д.М.						
	Нконтр.	Дядя С.І.						
	Утв.	Дядя С.І.				НУЗП зр.М-122м		

Копіював
Формат А4