

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Перший (бакалаврський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення клеми»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи Мз-111сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

КОВТУН В.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГОНЧАР Н.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАТЮХІН А.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Факультет Машинобудівний.

Кафедра «Технологія машинобудування»

Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність	131 «Прикладна механіка»
---------------	--------------------------

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація)	Технології машинобудування
----------------------------------	----------------------------

(назва освітньої програми (спеціалізації))

Завідувач кафедри _____ **Сергій ДЯДЯ**

« » 2024 року

З А В Д А Н И Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

КОВТУН Вероніки Юріївни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка технологічного процесу виготовлення клеми»

керівник проекту (роботи) к.т.н., доц. ГОНЧАР Наталя Вікторівна

(науковий ступінь, вчене звання, **ПРИЗВИЩЕ**, ім'я, по батькові,)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» 03 2024 року № 97

2.Строк подання студентом проекту роботи) 28.06.2024р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення клеми; річна програма випуску N 168000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина.

3. Організаційна частина. 4. Економічний розрахунок. 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових

креслень, кількість слайдів, плакатів) Креслення деталі, заготовки; плакат

3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат

зображення обробки для верстата з ЧПК; креслення робочого пристосування; плакат розрахунку деталі на міцність. Кількість слайдів -

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3, 5	доц. ГОНЧАР Н.В.		
4	доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
нормоконтроль	зав. каф. ДЯДЯ С.І.		

7. Дата видачі завдання 29 квітня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2024	
2	Розробка операції для верстата з ЧПУ	14.05.2024	
3	Конструкторська частина	21.05.2024	
4	Розрахунок на міцність	24.05.2024	
5	Організаційна частина	27.05.2024	
6	Економічний розрахунок	30.05.2024	
7	Охорона праці	04.06.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	07.06.2024	
9	Нормоконтроль	10.06.2024	
10	Рецензія	12.06.2024	
11	Захист дипломного проєкту	14.06.2024	

Студент(ка)

(підпис)

Вероніка КОВТУН

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Наталя ГОНЧАР

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 96 с., 12 табл., 27 рис., 2 дод., 14 джерел.

ВАЛ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ ЧАСУ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єктом дослідження є деталь клема, яка служить для кріплення двигуна серії ТВ 3-117 ВМА СБМ- 1В Н.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу обробки деталі клема.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

У дипломному проекті була обрана більш економічна заготовка та на токарних операціях було обране більш продуктивне обладнання токарний верстат з ЧПУ моделі SBL 300.

Для зменшення часу на встановлення та закріплення деталей було спроектовано пневматичний затискний пристрій та контрольне пристосування.

Також були виконані розрахунки режимів різання, нормування часу, кількості обладнання та робітників механічної дільниці.

За допомогою програми NX було досліджено деталь на міцність, а також у модулі NXCAM (Numeric Control for Computer-Aided Manufacturing) було розроблено керуючу програму на операцію 045 - фрезерна з ЧПУ.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі. Зокрема матеріал, властивості, термообробка.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	17
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	26
1.6 Розрахунок режимів різання	35
1.7 Технічне нормування операцій	44
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	46
2 Конструкторська частина.....	49
2.1 Проектування робочого пристосування.....	49
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	50
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	50
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	52
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	53
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування....	54

2.3 Розрахунок на міцність деталі.....	55
3 Організаційна частина.....	60
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності використання запропонованого робочого пристосування	67
5 Охорона праці на шліфувальних верстатах.....	72
Висновки.....	75
Перелік джерел посилання.....	76
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	78
Додаток Б. Технологічні карти.....	80

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипний гарячештамповочний прес

ЄСКД - єдина система конструкторської документації

ЄСТД - єдина система технологічної документації

МЦХ - масово-центрувальні характеристики

МОП – маршрут обробки поверхонь

МВД – маршрут виготовлення деталі

КП - керуюча програма

ПЗ - пояснювальна записка

ТП - технологічний процес

ЧПУ - числове програмне управління

КН – карта налагодження

ВСТУП

Швидкий науково-технічний прогрес в авіадвигунобудування значною мірою визначає розвиток і вдосконалення сучасної авіації. Удосконалення авіаційних двигунів, в свою чергу, висуває нові вимоги до технології їх виготовлення.

Механічна обробка великої складності і високої точності, складна і точна збірка ще й зараз займають в авіадвигунобудуванні, загалом, домінуюче положення.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці та якості виробу при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови розмірних зв'язків у процесі обробки, обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Усяке необґрунтоване встановлення допусків на розміри деталей призводить до подорожчання виробництва. Зайве посилення допусків викликає потребу в точному обладнанні та оснащенні, більш точних (а значить, і більш дорогих) заготовках. Надмірне розширення поля допуску ускладнює обробку на попередньо налаштованих верстатах і збільшує обсяг пригонювальних робіт в процесі складання виробу.

Ефективність технологічного процесу істотно залежить від раціонального вибору припусків. Надмірні припуски тягнуть за собою перевитрату матеріалу. А необґрунтовано занижені припуски не забезпечують видалення дефектної частини поверхневого шару і досягнення заданої точності, збільшуючи ймовірність браку.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Дана деталь «Клема», служить для кріплення двигуна ТВ 3 – 117 ВМА СБМ – 1В Н серії на фюзеляше гелікоптера.

Ескіз деталі «Клема» показаний на рис. 1.1, повне креслення деталі приведено на кресленні НУЗП 743112.024.

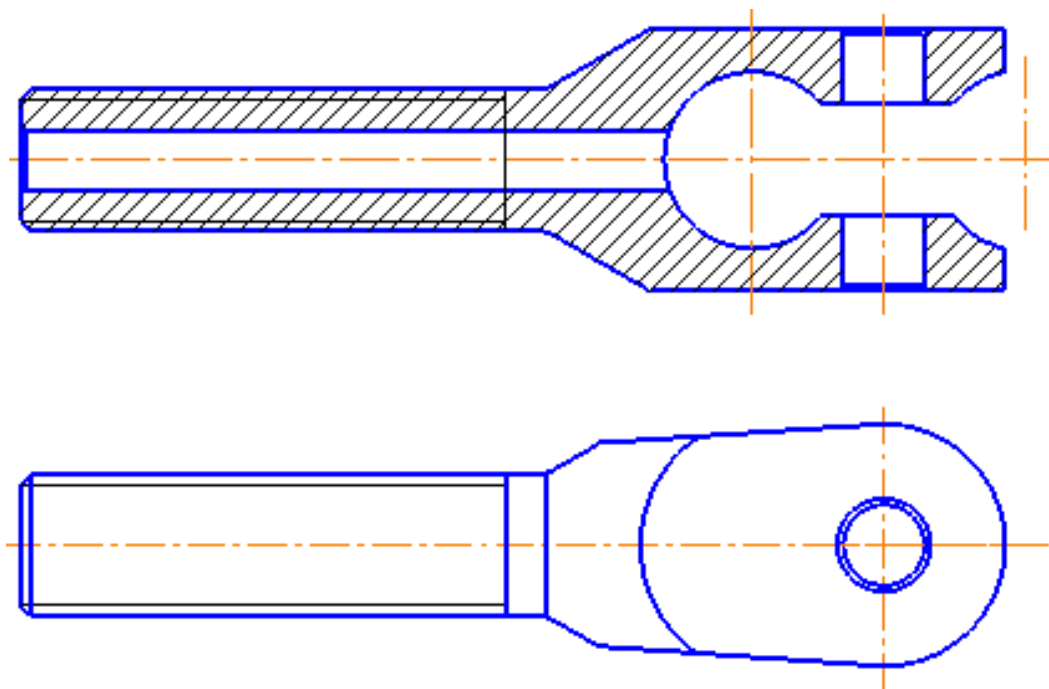


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Клема»

Деталь «Клема» виготовляється зі сталі 40ХН2МА-Ш ДСТУ 7806:2015. Ця сталь володіє високою прочністю та вязкістю. Сталь використовується для виготовлення валів ротора, валів редуктора, шатунів, відповідальних болтів, шпильок та інших важконавантажених деталей, працюючих при температурі до $+500^{\circ}$. Хімічний склад матеріалу показан у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу 40ХН2МА-Ш ДСТУ 7806:2015

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	Mo, %	Cu, %
0,37- 0,44	0,17- 0,37	0,5-0,8	1,25- 1,65	до 0,025	до 0,025	0,6-0,9	0,15- 0,25	до 0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40ХН2МА-Ш ДСТУ 7806:2015

Сортамент	Напр ·	σ_B	σ_m	σ_5	ψ	КСИ	Термообробка
		МПа	МПа	%	%	КДж/м ²	
ДСТУ 7806:2015		1080	930	12	50	780	Гартування та відпуск

Доповнення до таблиці 1.2 – Фізичні властивості сталі 40ХН2МА-Ш ДСТУ 7806:2015

Температура	Модуль пружності	Модуль пружності при зсуві	Щільність	Коефіцієнт теплопровідності	Електроопір
	Е, ГПа	G, ГПа	г, кг/м ³	I, Вт/м · °С	R, НОм · м
20	215	84	7850	39	331
100	211	81	-	38	-
200	201	77	-	37	-
300	190	73	-	37	-
400	177	68	-	35	-
500	173	66	-	33	-

Для отримання необхідних властивостей і вирівнювання хімічного складу треба виконати термообробку сталі.

Найбільш ефективним видом термообробки 40ХН2МА-Ш є загартування при 850 градусах. Вона здійснюється у воду, а відпустка відбувається у масляній ванні при 620 градусах [2].

Поліпшення сталі – це комплекс заходів, що включає повне загартування та високу відпустку. Матеріал відноситься до перлітного класу, тому перехід здійснюється за 730 і 820 градусів. Доевтектоїдний сплав піддається повному гартуванню при 850-870 градусах. Це забезпечує отримання аустенітної структури, а охолодження мартенситної. У обох випадках зерно характеризується невеликими розмірами. Аустенітні зерна сталі 40ХН2МА формуються при переході з фериту в цементит [2].

При розчиненні цементиту в аустеніті розчин заліза переходить аллотропним способом. Процес займає більше часу, ніж формування зерна, тому при досягненні необхідної температури відбувається невелика витримка його завершення [2].

Охолодження у воді здійснюється досить швидко, що сприяє утворенню мартенситу з дрібними зернами - твердого пересиченого розчину вуглецю в залізі [2].

Конструкційна сталь 40ХН2МА у такому стані схильна до утворення тріщин, сколів та інших крихких деформацій. Це зумовлено залишковими напруженнями у твердій структурі. Щоб унеможливити ризик їх появи, проводиться відпустка при 450-650 градусах. При цьому починає відбуватися дифузія, яка дозволяє мартенситу перейти в перліт, але вуглець залишається практично в тому ж положенні структури сталі. В результаті сплав набуває феритно-цементитної структури [2].

Відпуск марки сталі 40ХН2МА здійснюється в три етапи:

- 1) виділення частини вуглецю як метастабільного карбіда без підвищення температури;
- 2) розпад мартенситної структури, залишкового аустеніту та початок переходу β -карбіду в цементитну фазу;

3) закінчення розпаду мартенситної структури та карбідної трансформації.

Перехід мартенситу до фериту, зміна розмірів карбідів, структури фериту та форми карбідно-феритної суміші при нагріванні. Інтенсивна дифузія зі зміщенням атомів вуглецю, зростання зерен фериту та цементиту (сорбіт відпустки) [2].

Витримка потрібна для стабілізації властивостей металу. У середньому відпустка триває 1-2 години за невеликого розміру перерізу виробу [2].

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Під типом виробництва розуміється ступінь завантаження робочих місць та спеціалізація робочих місць залежно від ступеня завантаження робочих місць.

Тип виробництва поділяють на одиничне, серійне, масове та змішане.

Визначимо тип виробництва методичних вказівок [3, с.18, табл. 1.23], виходячи з річної програми випуску $N = 168\,000$ шт та маси оброблюваної деталі $m=0,130$ кг як серійне виробництво.

Кількість заготовок у партії для одночасного запуску визначаємо за формулою (1.1).

Кількість деталей в партії визначаємо за формулою:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi} \quad (1.1)$$

де a – це періодичність запуску ;

Φ – кількість робочих днів на рік .

$$n = \frac{1 \cdot 168\,000}{256} = 656 \text{ шт}$$

Форму організації робіт обираємо згідно ГОСТ 14312-74.

Для механічної обробки деталі клеми обираємо змінно-потоківу форму організації технологічного процесу. При такій формі організації виробництва деталі надходять партіями на дільницю.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

На вибір методу отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення та технічні вимоги на виготовлення, обсяг та серійність випуску, форма поверхонь та розміри деталі [4].

Оптимальний метод отримання заготовки визначається виходячи з всебічного аналізу названих чинників і техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості деталі. Метод отримання заготовки, що забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі за мінімальної собівартості, вважається оптимальним [4].

Порівнюємо два способи отримання заготовки штампуванням «на молотах та КГШП».

Встановимо припуски на механічну обробку за [3, с.12, табл. 1.3]. Для заготовки на молотах приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,0$ мм, для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,1$ мм.

Для заготовки на КГШП приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 1,9$ мм, для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,0$ мм.

У зв'язку зі складністю геометричної форми заготовки її масу було розраховано у програмі КОМПАС за допомогою масово-ценових характеристик, отже, вага деталі складає $q = 0,139$ кг (рис. 1.2). Вага

заготовки з врахуванням припусків складає на молотах $Q_1 = 0,34$ кг (рис. 1.3), на КГШП - $Q_2 = 0,307$ кг (рис. 1.4).

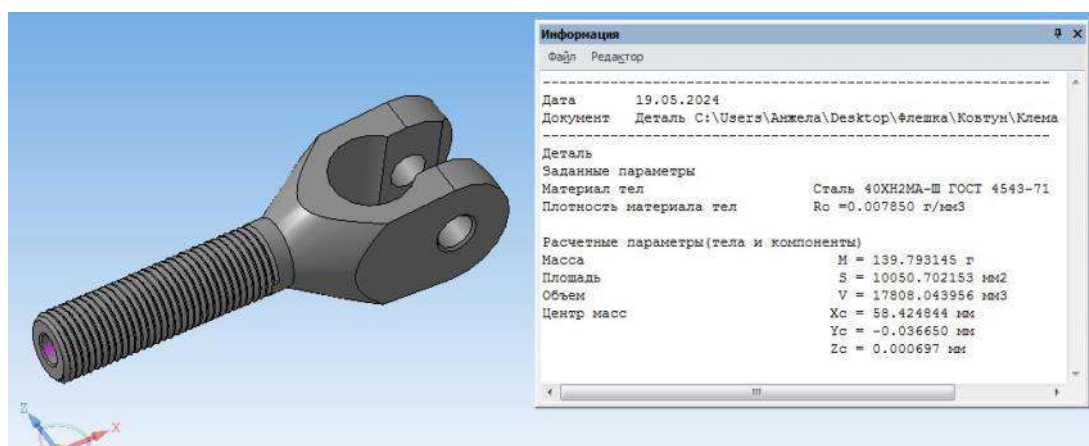


Рисунок 1.2 – Результат розрахунку МЦХ готової деталі

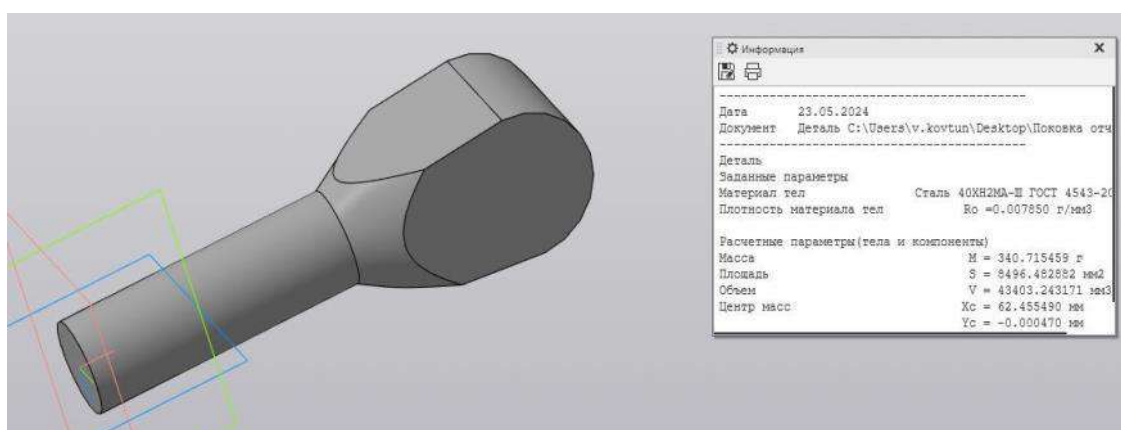


Рисунок 1. 3 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на молотах

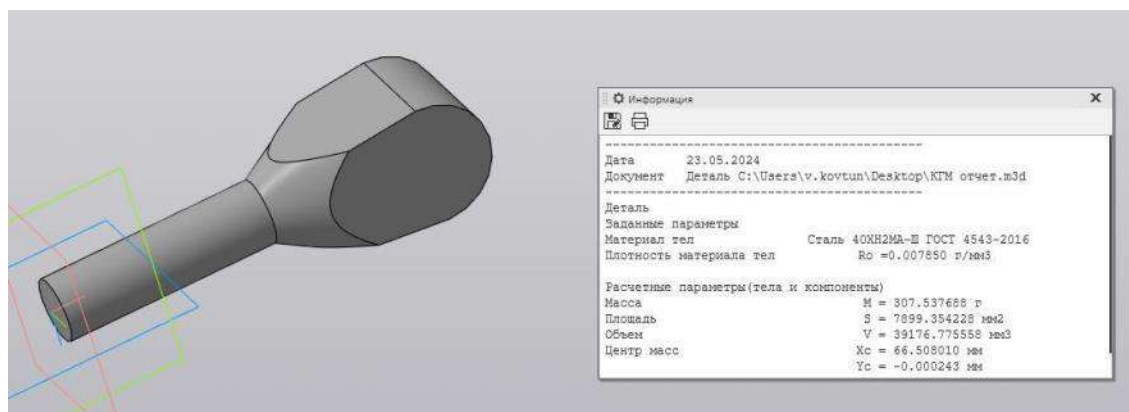


Рисунок 1.4 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_n - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх}}{100} \quad (1.2)$$

де B_B – базова вартість виготовлення однієї заготовки [3];

K_T, K_M, K_B, K_3, K_n – коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску [3];

$B_{отх}$ – вартість 1т. стружки, грн. [3].

Вартість однієї заготовки розраховується за формулою (1.2) :

$$B_1 = \frac{350}{1000} \cdot 0,34 \cdot 1,05 \cdot 1,22 \cdot 1,29 \cdot 0,77 \cdot 1,0 - (0,34 - 0,139) \cdot \frac{140}{1000} \\ = 0,13 \text{ грн}$$

$$B_2 = \frac{3150}{1000} \cdot 0,307 \cdot 1,05 \cdot 1,22 \cdot 1,29 \cdot 0,77 \cdot 1,0 - (0,307 - 0,139) \cdot \frac{140}{1000} \\ = 0,11 \text{ грн}$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = \frac{0,139}{0,34} = 0,4$$

$$\eta_2 = \frac{0,139}{0,307} = 0,45$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані заносимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами методів отримання заготовок.

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			молот	КГШП
1	2	3	4	5
Припуск на сторону	z	мм	2,0; 2,1;	1,9; 2,0
Вага заготівки	Q	кг	0,34	0,307
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	350	3150
Коефіцієнти	K_T	-	1,05	
	K_M	-	1,22	
	K_B	-	1,29	
	K_n	-	1,0	
	K_3	-	0,74	
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	0,13	0,11
Коефіцієнт використання матеріалу	η	-	0,4	0,45

Розрахуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготівок за формулою:

$$E_B = (B_1 - B_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (0,13 - 0,11) \cdot 168\,000 = 3360 \text{ грн}$$

Визначимо річні заощадження матеріалу за формулою:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M = \frac{0,139 \cdot (0,45 - 0,4)}{0,4 \cdot 0,45} \cdot 168\,000 = 6486 \text{ кг}$$

Виходячи з вищевикладеного, обираємо спосіб отримання заготовки на кривошипному горячештампувальному пресі (КГШП).

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, по відношенню до яких орієнтуються інші деталі виробу або поверхні деталі, які обробляються або складаються на даній операції. По характеру свого призначення бази підрозділяються на: конструкторські, технологічні, вимірювальні [5].

Конструкторські бази – це основні та допоміжні бази, які мають суттєве значення при конструюванні. Основна база визначає положення деталі в вузлі, а допоміжні – положення приєднаних деталей відносно даної деталі [5].

Технологічною базою називають поверхню, яка визначає положення деталі при обробці. Технологічні бази можуть бути чорнові і чистові [5].

Вимірювальною базою називають поверхню, яка визначає відносне положення деталі і засобів вимірювання [5].

При проектуванні технологічного процесу для забезпечення необхідної

точності велике значення має вибір баз. Спочатку за технологічну приймається чорнова база, тобто необроблені поверхні заготовок. Вибрана чорнова база повинна забезпечувати рівномірне зняття припуску при послідовній обробці поверхонь з базуванням на оброблену технологічну базу і найбільш точне взаємне розташування оброблених і не оброблених поверхонь деталі. Чорнові базові поверхні повинні бути по можливості гладкими; не мати штампувальних ухилів; на них не варто робити поверхні для рознімання штампів.

При виборі чорнової бази деталі «Клема» враховуються наступні положення: за чорнову базу приймається необроблена поверхня $\varnothing 16^{+0,609}_{-0,304}$ і торець показано на рисунку 1.5. Чорнова база використовується один раз. Технологічна і вимірювальна бази співпадають, при цьому похибка базування буде дорівнювати 0 і відпадає необхідність у перерахунку операційних розмірів, і дотримується принцип «суміщення баз». Деталь встановлюється у трикулачковий патрон.

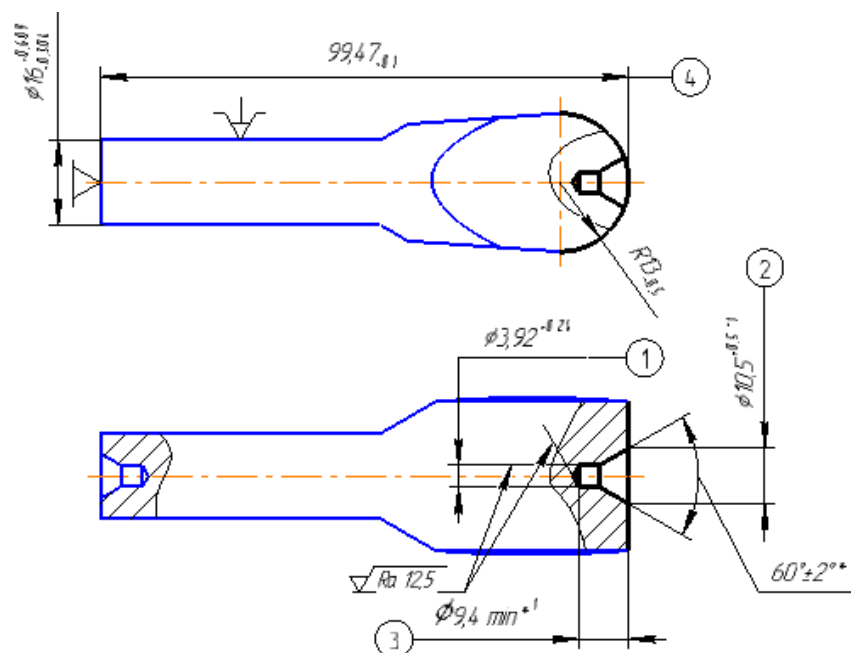


Рисунок 1.5 – Ескіз чорнової бази

При виборі чистової бази деталі «Клема» враховуються наступні положення: за чистову базу приймаються $\varnothing 10,5$, $\varnothing 8,5$ і торець показано на рисунку 1.6. Дотримується принцип «суміщення баз». Деталь встановлюється у центра.

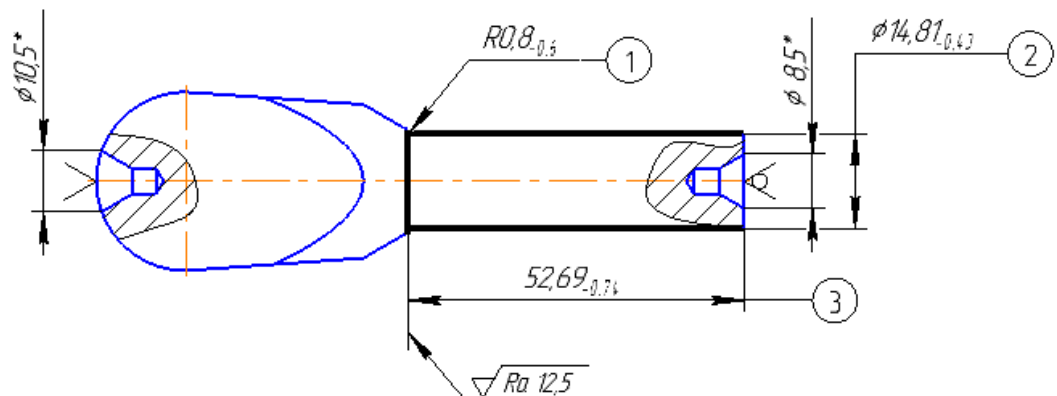


Рисунок 1.6 – Ескіз чистової бази

Для фрезерування поверхні №3 та №5 (рис.1.7) деталь встановлюємо у фрезерне пристосування, а саме центруємо у призмі та затискаємо прижимом і виконуємо обробку.

Для свердління отвору №6 та №11 (рис.1,7) деталь встановлюємо у кондуктор, а саме центруємо у призмі, підводимо упор та затискаємо прижимом, і виконуємо обробку.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) – це послідовність технологічних переходів механічної обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення якості та точності поверхонь за кресленням.

Загальне уточнення отримаємо при механічній обробці заготовки для досягнення якості та точності поверхні.

Уточнення – це відношення значень даних якості заготовки до даних якості обробленої поверхні деталі.

Ескіз деталі з вказівкою поверхонь показано на рис. 1.7.

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до табл. 1.4.

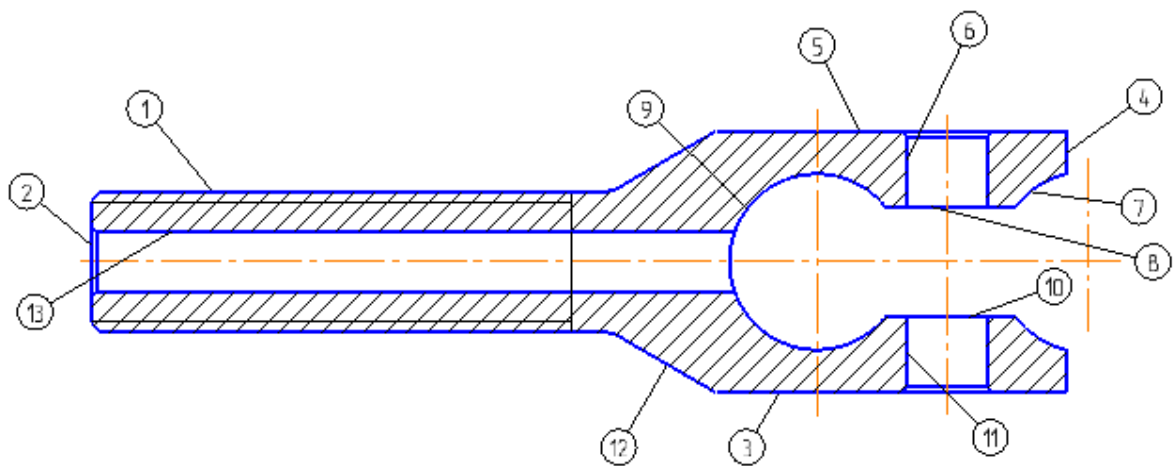


Рисунок 1.7 – Ескіз деталі з вказівкою поверхонь

Для кожної поверхні розрахуємо загальні уточнення щодо кожного показника точності, також розрахуємо кількість переходів, необхідних для досягнення заданого кресленням якості поверхонь.

Для поверхні №1 з'ясуємо технічні вимоги на оброблювальну поверхню:

$$Td_d = 0,18 \text{ мм } Ra_d = 3,2 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +0,609; ei_{d3} = -0,304; Td_3 = 0,94 \text{ мм } Ra_3 = 25 \text{ мкм.}$$

Таблиця 1.4 – Показники точності розмірів та якості основних поверхонь обробки.

Номер поверхні та її основний розмір	Характер поверхні		Показники точності			
	Вид	Тип	Квалітет		Шорсткість	
			Деталь	Заготівка	Деталь	Заготівка
№1- Ø14	Циліндр.	Зовн.	h12	IT16	3,2	25
№2 - 52	Торцева	Зовн.	h12	IT16	6,3	25
№3, №5 - 26	Торцева	Зовн.	h12	IT16	3,2	25
№4- R12	Торцева	Зовн.	h12	IT16	6,3	25
№6, №11	Циліндр.	Внутр.	H7	-	1,6	-

Розраховуємо потрібні уточнення за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{Td_{zi}}{Td_{di}} \quad (1.6)$$

де Td_{zi} - допуск на i -й параметр вихідної заготовки;

Td_{di} - допуск по кресленню для i -го параметра готової деталі.

$$\varepsilon_{Td} = 914/180 = 5,07 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra} = 25/3,2 = 7,81 \text{ мкм}.$$

Кількість переходів розраховується по формулі:

$$k = 2 \cdot lg\varepsilon \quad (1.7)$$

$$k = 2lg5,07 = 1,41, \text{ приймаємо } k = 2.$$

Визначаємо показники якості та розподіляємо їх між переходами:

$$\begin{aligned} &IT16 \rightarrow h14 \rightarrow h12 \\ &Ra25 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra3,2 \end{aligned}$$

Призначимо технологічні переходи для механічної обробки поверхонь:
Перехід 1 – точіння чорнове h14, Td=0,43 мм, Ra 12,5:

$$\varepsilon_{d1} = 914/430 = 2,12 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra1} = 25/12,5 = 2 \text{ мкм}$$

Перехід 2 – точіння напівчистове h12, Td=0,18 мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{d2} = 430/180 = 2,38 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra2} = 12,5/3,2 = 3,9 \text{ мкм};$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_d = 2,12 \cdot 2,38 = 5,04 \text{ мкм}$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot 3,9 = 7,8 \text{ мкм.}$$

Отримані значення запишемо до таблиці 1.5.

МОП для отворів №6, №11 Ø8H7 (^{+0,015}) обираємо по методичним вказівкам [3, с.48. табл.3.5]:

1 Заготовка	-	-
2 Свердління	Ø6,7H13 (^{+0,22})	Ra12,5
3 Зенкерування	Ø7,82H11 (^{+0,09})	Ra6,3
4 Розгортка чорнова	Ø7,94H9 (^{+0,038})	Ra3,2
5 Шліфування	Ø8H7 (^{+0,015})	Ra1,6

Для інших поверхонь виконаємо розрахунки аналогічно поверхні №1 та занесемо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5- План обробки поверхонь

Характер та показник точності та якості поверхонь	Показник j	Уточненняε	Кіл. Переходів		Різниця показників та ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Циліндрич. зовн. №1 Ø14-018 Ra 3,2 Заготовка IT16 Ra25	d	5,07	1,6	2	IT16 → IT14 → IT13 → IT12 Ra25→ Ra12,5→ Ra6,3→ Ra3,2	1	Заготовка	914	25	-	-
	Ra	7,81				2	Точіння чорнове	430	12,5	2,12	2
						3	Точіння напівчистове	180	3,2	2,38	3,9
						Загальне уточнення				5,04	7,8

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Торцева зовнішня №2 52-0,3 Ra6,3 Заготовка IT16 Ra25	d	3,33	1,31	2	IT16→ IT14 → IT12 Ra25→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	1000	25	-	-
	Ra	3,96				2	Точіння чорнове	740	12,5	1,35	2
						3	Точіння напівчистове	300	6,3	2,46	3,9
						Загальне уточнення				3,3	7,8
Торцева зовнішня №3,№5 26-0,2 Ra 3,2 Заготовка IT16 Ra25	d	6,5	1,31	2	IT16→ IT14 → IT12 Ra25→ Ra12,5→ Ra3,2	1	Заготовка	1300	25	-	-
	Ra	3,96				2	Фрезерування	520	12,5	2,5	2
						3	Шліфування	200	6,3	2,6	3,96
						Загальне уточнення				6,5	7,92
Торцева зовнішня №4 R12±0,3 Ra12,5 Заготовка IT16 Ra25	d	3,04	1,31	2	IT16→ IT14 → IT12 Ra25→ Ra12,5 → Ra6,3	1	Заготовка	914	25	-	-
	Ra	3,96				2	Точіння чорнове	430	12,5	2,12	2
						3	Точіння напівчистове	300	6,3	1,43	3,96
						Загальне уточнення				3,03	7,92

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план обробки заготівки. Метою цього етапу є побудова технологічного маршруту та вибір обладнання.

У дипломному проекті необхідно спроектувати технологічний процес виготовлення деталі в умовах серійного виробництва.

У серійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розділений на окремі операції, що закріплені за визначеними верстатами. Верстати застосовуються різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні, автоматизовані. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, різальний інструмент і вимірювальний інструмент у виді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготівка при серійному типі виробництва по конфігурації повинна наближатися до готової деталі, коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6...0,88. Кваліфікація робітників невисока.

Серійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне, завдяки використанню устаткування, спеціалізації робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво є найбільш розповсюдженим видом виробництва у машинобудуванні. Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими і матеріальними витратами, а це залежить від:

- а) грамотного вибору варіанта технологічного процесу;
- б) оснащення технологічного процесу;
- в) застосування спеціальних верстатів, напівавтоматів і автоматів;
- г) рівня механізації й автоматизації виробництва;

д) застосування оптимальних режимів різання обробки деталей.

Складемо поетапну схему обробки деталі «Клеми»

1 етап – отримання заготовки – штампування на пресах;

2 етап – термічна обробка (нормалізація);

3 етап – механічна обробка (отримання базової поверхні;
чорнова та напівчистова мех. обробка; токарна; шліфування);

4 етап – термічна обробка (гартування, відпуск);

5 етап – механічна обробка (чистова механічна обробка, шліфування);

4 етап – контроль магнітопорошковий;

6 етап – контроль;

7 етап – отримання покриття (кадміювання, оксидно-фосфотування з гідрофобізуючою рідиною, емаль ЕП-140);

Більш доцільно виконувати чистові операції на верстатах з ЧПУ, тому що вони мають більшу точність та рентабельність за рахунок виконання суміщення операцій за одну установку.

Маршрутна карта виготовлення деталі приведена у додатку Б.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

По [6, табл.23, с.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 0,307$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, визначаємо граничні відхилення заготовки: $Td_{\text{заг}} = 914$ мкм.

Вибираємо величини, які характеризують якість поверхонь [6, табл.12, с.186]:

$$Rz = 160 \text{ мкм} \quad h = 200 \text{ мкм}$$

$$Rz^1 = 125 \text{ мкм} \quad h^1 = 120 \text{ мкм}$$

$$Rz^2 = 125 \text{ мкм} \quad h^2 = 120 \text{ мкм}$$

Залишкові просторові відхилення по [6, табл.16,18,с.186-187]:

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{к}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} \quad (1.8)$$

де $\Delta_{\text{к}}$ - кривизна штампованих заготовок, мкм;

$\Delta_{\text{см}}$ – відхилення від співвісності, мкм.

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{208^2 + 600^2} = 635 \text{ мкм}$$

Для інших операцій:

$$\Delta_{\text{ін}} = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}} \quad (1.9)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення, обираємо по [7,с.17,табл..3]

$$\Delta^1 = 0,06 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 635 = 38 \text{ мкм}$$

$$\Delta^2 = 0,04 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 635 = 25 \text{ мкм}$$

Визначимо похибку встановлення [5, табл..12-17,с.41-44]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_6^2} \quad (1.10)$$

де ε_3 – частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення;

ε_6 – частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз.

На чорнових операціях заготовка встановлюється у 3-х кулачковий патрон, на чистових – у пневмопристроїх. Так як вимірювальна база співпадає з технологічною, то:

$$\begin{aligned}\varepsilon_6^1 &= \varepsilon_6^2 = \varepsilon_6^3 = \varepsilon_6^4 = 0; \\ \varepsilon_3^1 &= 300 \text{ мкм}; \varepsilon_3^2 = 110 \text{ мкм}\end{aligned}$$

Визначаємо величину мінімального припуску по переходах по формулі:

$$2Z_{min} = 2 \left[Rz + h + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon^2} \right] \quad (1.11)$$

де Rz – висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

h – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мм;
[6, табл.11,12,с.185-186];

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарні відхилення розташування поверхні на попередньому переході, мкм;

ε – похибка установки заготовки на виконуваному переході, мм;

$$\begin{aligned}2Z_{min}^1 &= 2 \left[160 + 200 + \sqrt{635^2 + 90^2} \right] = 1361 \text{ мкм} \\ 2Z_{min}^2 &= 2 \left[125 + 120 + \sqrt{38^2 + 60^2} \right] = 561 \text{ мкм}\end{aligned}$$

Визначаємо граничні проміжні розміри по технологічним переходам та остаточні розміри заготовки:

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + 2Z_{\min i} \quad (1.12)$$

$$d_{\max i-1} = d_{\min i} + T_{i-1} \quad (1.13)$$

$$d_{\min}^2 = d_{\max}^2 - Td^2 = 14 - 0,18 = 13,82 \text{ мм}$$

$$d_{\min}^1 = d_{\min}^2 + 2Z_{\min}^2 = 13,82 + 0,561 = 14,381 \text{ мм}$$

$$d_{\max}^1 = d_{\min}^1 + Td^1 = 14,381 + 0,43 = 14,811 \text{ мм}$$

$$d_{\min}^{\text{зар}} = d_{\min}^1 + 2Z_{\min}^1 = 14,381 + 1,361 = 15,742 \text{ мм}$$

$$d_{\max}^{\text{зар}} = d_{\min}^{\text{зар}} + Td^{\text{зар}} = 15,742 + 0,914 = 16,656 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки: $16,656 - 0,604 = 16,052 \text{ мм}$.

Визначаємо одержані граничні припуски:

$$Z_{\max i-1} = d_{\max i} - d_{\max i-1} \quad (1.14)$$

$$Z_{\min i-1} = d_{\min i} - d_{\min i-1} \quad (1.15)$$

$$Z_{\max}^1 = d_{\max}^{\text{зар}} - d_{\max}^1 = 16,656 - 14,811 = 1,845 \text{ мм}$$

$$Z_{\min}^1 = d_{\min}^{\text{зар}} - d_{\min}^1 = 15,742 - 14,381 = 1,361 \text{ мм}$$

$$Z_{\max}^2 = d_{\max}^1 - d_{\max}^2 = 14,811 - 14 = 0,811 \text{ мм}$$

$$Z_{\min}^2 = d_{\min}^1 - d_{\min}^2 = 14,381 - 13,82 = 0,561 \text{ мм}$$

Одержані дані заносимо в таблицю 5.

Знаходимо одержаний загальний припуск:

$$Z_{\max}^{\text{зар}} = \Sigma Z_{\max} = 1,845 + 0,811 = 2,656 \text{ мм}$$

$$Z_{\min}^{\text{зар}} = \Sigma Z_{\min} = 1,361 + 0,561 = 1,922 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунків:

$$Td_{\text{зар}} - Td_{\text{дет}} = Z_{\max}^{\text{зар}} - Z_{\min}^{\text{зар}} \quad (1.16)$$

$$Td_{\text{зар}} - Td_{\text{дет}} = 0,914 - 0,180 = 0,734 \text{ мм}$$

$$Z_{\max}^{\text{зар}} - Z_{\min}^{\text{зар}} = 2,656 - 1,922 = 0,734 \text{ мм}$$

Розрахунки виконано вірно.

Результати розрахунків запишемо до табл. 1.6.

1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом

За ГОСТ 7505-74, враховуючи масу заготовки $Q = 0,307$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, визначаємо мінімальні припуски по таблицям:

$$Z_{min}^1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{min}^2 = 0,25 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні проміжні розміри по технологічним переходам та остаточні розміри заготовки:

$$l_{\min i-1} = l_{\min i} + Z_{\min i} \quad (1.17)$$

$$l_{\max i-1} = l_{\min i} + T_{i-1} \quad (1.18)$$

$$l_{\min}^2 = l_{\max}^2 - Tl^2 = 52 - 0,3 = 51,7 \text{ мм}$$

$$l_{\min}^1 = l_{\min}^2 + Z_{\min}^2 = 51,7 + 0,25 = 51,95 \text{ мм}$$

$$l_{\max}^2 = l_{\min}^2 + Tl^2 = 51,7 + 0,3 = 52 \text{ мм}$$

$$l_{\max}^1 = l_{\min}^1 + Tl^1 = 51,95 + 0,74 = 52,69 \text{ мм}$$

$$l_{\min}^{\text{заг}} = l_{\min}^1 + Z_{\min}^1 = 51,95 + 1,5 = 53,45 \text{ мм}$$

$$l_{\max}^{\text{заг}} = l_{\min}^{\text{заг}} + Tl^{\text{заг}} = 53,45 + 1,0 = 54,45 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки: $54,45 - 0,666 = 53,784$ мм.

Визначаємо одержані граничні припуски:

$$Z_{\max i-1} = l_{\max i} - l_{\max i-1} \quad (1.19)$$

$$Z_{\min i-1} = l_{\min i} - l_{\min i-1} \quad (1.20)$$

$$Z_{\max}^1 = l_{\max}^{\text{заг}} - l_{\max}^1 = 54,45 - 52,69 = 1,76 \text{ мм}$$

$$Z_{\min}^1 = l_{\min}^{\text{заг}} - l_{\min}^1 = 53,45 - 51,95 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{\max}^2 = l_{\max}^1 - l_{\max}^2 = 52,63 - 52 = 0,69 \text{ мм}$$

$$Z_{\min}^2 = l_{\min}^1 - l_{\min}^2 = 51,95 - 51,7 = 0,25 \text{ мм}$$

Одержані дані заносимо в таблицю 1.6.

Знаходимо одержаний загальний припуск:

$$Z_{\max}^{\text{заг}} = \Sigma Z_{\max} = 1,760 + 0,690 = 2,450 \text{ мм}$$

$$Z_{\min}^{\text{заг}} = \Sigma Z_{\min} = 1,500 + 0,250 = 1,750 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунків:

$$Tl_{\text{заг}} - Tl_{\text{дет}} = Z_{\max}^{\text{заг}} - Z_{\min}^{\text{заг}} \quad (1.21)$$

$$Tl_{\text{заг}} - Tl_{\text{дет}} = 1,0 - 0,3 = 0,7$$

$$Z_{\max}^{\text{заг}} - Z_{\min}^{\text{заг}} = 2,450 - 1,750 = 0,7$$

Розрахунки виконані вірно.

Аналогічно виконуємо розрахунок інших розмірів та зводимо результати у таблицю 1.6.

1.6 Розрахунок режимів різання.

1.6.1 Операція 010 – Токарна з ЧПУ

Визначення режимів різання аналітичним способом на операцію 010 – токарну. Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПУ моделі SBL 300.

Карта ескізу та операційна карта приведена у додатку Б.

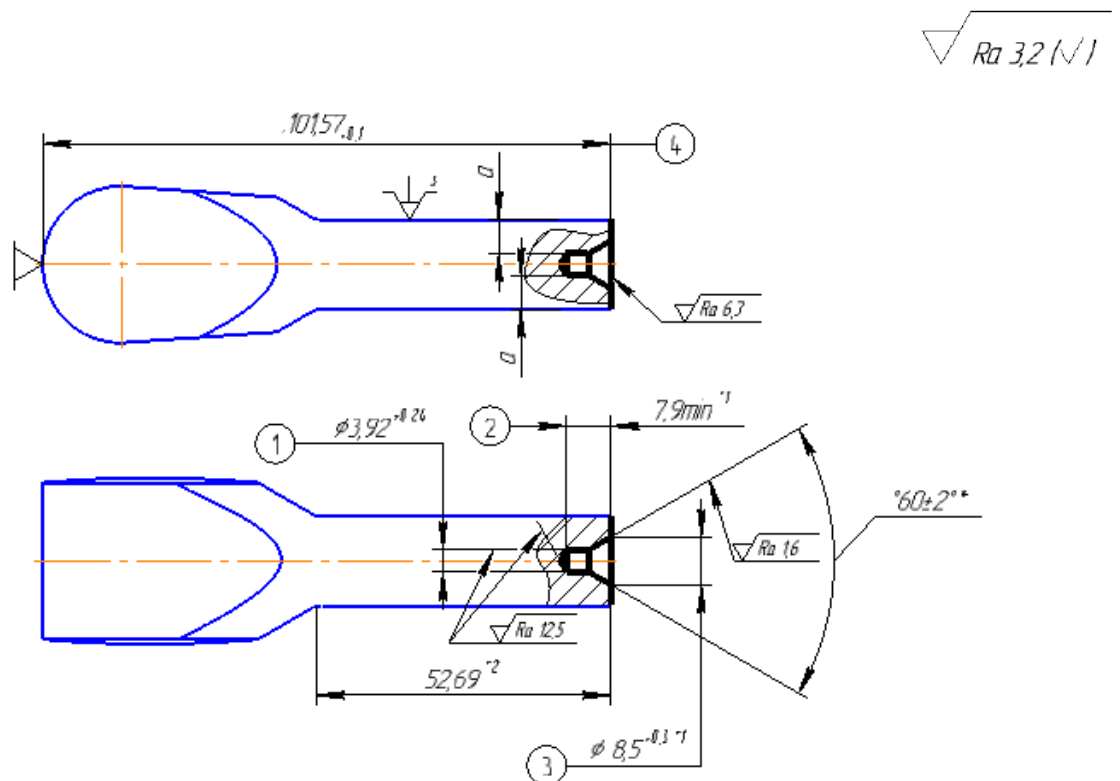


Рисунок 1.8 – Ескіз до обробки на операції 010 – токарної обробки

Перехід 1. Точити поверхню по програмі, витримуючи розмір 3 .

Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний відігнутий ВК8, $r = 0,5$ мм
ГОСТ 18877-73 [2,с.114,174-188].

Глибина різання $t_1 = 1,094$ мм;

Призначаємо подачу: $S_0 = 0,3$ мм/об [7,с.266].

Визначаємо швидкість різання:

$$V_{\text{різ}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.22)$$

де T – стійкість інструмента, $T = 60$ хв; [7, с.290]

C_v, y, m, q – коефіцієнт і показники ступені; [7, с.269]

$C_v = 420, y = 0,20, m = 0,20, x = 0,15$

$$K_v = K_{vм} \cdot K_{vи} \cdot K_{vп} \quad (1.23)$$

де $K_{vм}$ – коефіцієнт обробляємості матеріалу;

$$K_{vм} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_v},$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, який характеризує групу сталі по обробляємості; $K_{\Gamma} = 1,0$ [2, с.262, табл.2];

n_v – показник ступені, $n_v = 1$ [7, табл.2, с.262];

$\sigma_{\text{в}}$ – фактичний параметр, який характеризує обробляємість матеріалу, для якого розраховується швидкість різання, $\sigma_{\text{в}} = 1080$ МПа;

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,69$$

$$V_{\text{різ } 1} = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,094^{0,15} \cdot 0,3^{0,20}} \cdot 0,22 = 51,14 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_{\text{різ}}}{\pi \cdot D} \quad (1.24)$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 51,14}{3,14 \cdot 16} = 415 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо $n_{\text{вт } 1} = 400 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсне значення швидкості за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{вТ}}}{1000} \quad (1.25)$$

$$V_{d1} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 400}{1000} = 20,09 \text{ мм/хв}$$

Визначаємо силу різання при точенні за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.26)$$

де $C_p = 300$, $x = 1,0$; $y = 0,7$; $n = -0,15$; [7, табл.22, стр.273]

K_p – коефіцієнт, враховуючий фактичні умови різання,

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_p = \left(\frac{1080}{750} \right)^{-0,15} \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 1,094^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 20,09^{-0,15} \cdot 1 = 900,8 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.27)$$

$$N_1 = \frac{900,8 \cdot 20,09}{1020 \cdot 60} = 0,29 \text{ кВт}$$

Так як потужність верстата 31,9 кВт, то цієї сили різання достатньо для виконання даної операції.

Визначаємо машиний час за формулою:

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n_{\text{ст}}} \quad (1.28)$$

де $L_{p.x}$ – довжина робочого ходу інструмента

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y \quad (1.29)$$

де $L_{\text{рез}}$ — довжина різання;

y — підвід, врізання та перебіг інструмента.

$$L_{p.x} = 16 + 5 + 2 = 19 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{19}{0,3 \cdot 400} = 0,26 \text{ хв}$$

Перехід 2. Центрувати отвір по програмі, витримуючи розміри 1,2.

Вибір ріжучого інструменту: Центровочне свердло Р6М5К5. [2, с.114,174-188].

Глибина різання $t_1 = 2 \text{ мм}$;

Призначаємо подачу: $S_0 = 0,06 \text{ мм/об}$; [7, с.266]

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V_{\text{різ2}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$V_{\text{різ2}} = \frac{9,8 \cdot 0,4^{0,40}}{15^{0,2} \cdot 0,06^{0,50}} \cdot 0,50 = 20,26 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 20,26}{3,14 \cdot 4} = 918 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо $n_{\text{вт2}} = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсне значення швидкості:

$$V_{\text{д2}} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 800}{1000} = 10,04 \text{ мм/хв}$$

Визначення осьової сили та крутного моменту за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.30)$$

де $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,2 = 0,07$$

$$K_p = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,2$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.31)$$

де $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,2 = 455,5 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою :

$$N_2 = \frac{M_{кр} \cdot n_{ВТ}}{9750}, \text{ кВт} \quad (1.32)$$

$$N_2 = \frac{0,07 \cdot 800}{9750} = 0,057 \text{ кВт}$$

Так як потужність верстата 31,9 кВт, то цієї сили різання достатньо для виконання даної операції.

Визначаємо машиний час:

$$L_{p.x} = 7,9 + (0,3 \cdot 4) + 2 = 11,1 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{11,1}{48} = 0,51 \text{ хв}$$

$$S_{хв} = 0,06 \cdot 800 = 48$$

$$\sum t_0 = t_1 + t_2 = 0,26 + 0,51 = 0,77 \text{ хв}$$

Визначення режимів різання табличним способом на операцію 025 – горизонтально-фрезерну. Обробка виконується на горизонтально-фрезерному верстаті 6Р82.

Карта ескізів та операційна карта приведена у додатку Б.

$\sqrt{Ra\ 3,2}$

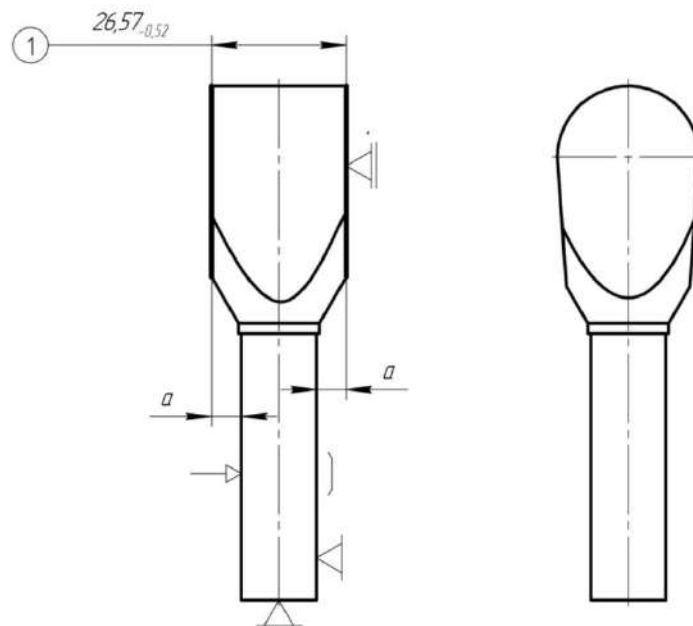


Рисунок 1.9 – Ескіз до обробки на операції 025 – фрезерної обробки

Перехід 1. Фрезерувати поверхні витримуючи розмір 1.

Вибір ріжучого інструменту: Фрези парні дискові трьохсторонні Р6М5К5 ГОСТ 3755-78 Ø 100; В=20; d=32; z=20 [7,стр.114,174-188].

Глибина різання $t_1 = 1,414$ мм.

Призначаємо подачу: $S_z = 0,08$ мм/об; [7,стр.266]

Визначаємо швидкість різання $V_{\text{таб1}}$ по [7,стр.272]: $V_{\text{різ1}} = 80$ м/хв. З урахуванням коефіцієнту $V_{\text{різ1}} = 80 \cdot 1 = 80$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя по (1.24):

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 010 – Токарна з ЧПУ

Визначаємо штучний час за формулою :

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_{\text{доп}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обсл}} + a_{\text{відп}}}{100}\right), \quad (1.33)$$

де T_o – основний час роботи верстата;

$$T_o = T_{o1} + T_{o2}$$

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{доп у}} + T_{\text{доп сп}} + T_{\text{доп вим}}, \quad (1.34)$$

де $T_{\text{доп у}}$ – час на установку та зняття деталі, хв [8, с.76–79, к.13–14];

$T_{\text{доп сп}}$ – час, пов'язаний з виконанням операції, хв;

$T_{\text{доп вим}}$ – час, що не перекривається, на вимірювання, хв;

$a_{\text{обсл}}$ – час на обслуговування робочого міста, %;

$a_{\text{відп}}$ – час на відпочинок та особисті потреби, %.

$$T_{\text{доп}} = 0,18 + 0,026 + 0,102 = 0,31 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,26 + 0,51 = 0,77 \text{ хв}$$

$$T_{\text{шт}} = (0,77 + 0,31) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 1,05 \text{ хв}$$

Всі останні розрахунки по нормуванню зводимо до таблиці 1.8.

Норма штучно-калькуляційного часу ($T_{\text{шт.к.і}}$) розрахована на кожну операцію у третьому розділі.

Таблиця 1.8 – Нормування часу по операціям

№ оп	Найменування операції	Модель верстату	Норма часу, хв			
			$T_o(T_{oa})$	$T_{доп}$	$T_{шт}$	$T_{ПЗ}$
1	2	3	4	5	6	7
010	Токарна з ЧПУ	SBL 300	0,77	0,31	1,05	18
015	Токарна з ЧПУ	SBL 300	0,85	0,32	1,11	26
020	Токарна з ЧПУ	SBL 300	0,91	0,31	1,16	18
025	Горизонтально - фрезерна	6P82	1,94	0,5	2,3	18
030	Плоскошліфувальна	3Д722Ф1	5,30	0,99	5,9	19,5
035	Вертикально - свердлильна	2Н118	2,08	0,42	2,35	18
040	Токарна з ЧПУ	SBL 300	2,14	0,31	2,3	18
045	Фрезерна з ЧПУ	ГФ217С5	1,85	0,54	2,26	28
050	Фрезерна з ЧПУ	ГФ217С5	4,27	0,54	4,5	28
055	Горизонтально - фрезерна	6P82	0,73	0,5	1,18	18
075	Плоскошліфувальна	3Д722Ф1	2,8	0,99	3,57	19,5
080	Токарна з ЧПУ	SBL 300	2,11	0,32	2,28	26
085	Внутрішліфувальна	3K227А	1,54	0,94	2,37	19,5
090	Вертикально - свердлильна	2Н118	0,86	0,36	1,16	17

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

1.8.1 Розробка керуючої програми

NXCAM (Numeric Control for Computer-Aided Manufacturing) - це програмне забезпечення для розробки операцій у сфері верстатного оброблення та обробки матеріалів за допомогою числового контролю. Воно виробляється Siemens PLM Software і призначене для управління верстатами з числовим контролем для виробництва виробів різної складності. Переваги розробки операцій за допомогою програмного забезпечення NXCAM.

NXCAM дозволяє швидко створювати програми для оброблення, що призводить до збільшення ефективності виробництва.

Інтерфейс користувача NXCAM призначений для спрощення процесу програмування верстатів з ЧПК, дозволяючи операторам легко створювати програми обробки.

Програмне забезпечення надає можливості симуляції операцій, що дозволяє виробникам перевіряти та оптимізувати процес обробки без фактичного використання верстата.

NXCAM дозволяє досягти високої точності обробки за рахунок удосконаленої системи числового контролю та відповідності стандартам якості.

Програмне забезпечення може бути використане для програмування різних типів верстатів, що дозволяє підприємствам використовувати його для різноманітних завдань обробки.

NXCAM може ефективно інтегруватися з системами комп'ютерного проектування (CAD) і комп'ютерної допомоги у створенні програми обробки (CAM), що полегшує перехід від проектування до виробництва.

Програмне забезпечення дозволяє вибрати та налаштовувати стратегії обробки в залежності від вимог конкретного завдання.

Завдяки регулярним оновленням та технічній підтримці, користувачі можуть використовувати останні технологічні досягнення в області числового контролю.

Загалом, використання програмного забезпечення NXCAM може сприяти підвищенню продуктивності, точності та ефективності виробництва в галузі числового контролю.

Етапи розробки технологічної операції показано на рис. 1.10 – 1.13 та карта ескізу та операційна карта приведена у додатку Б.

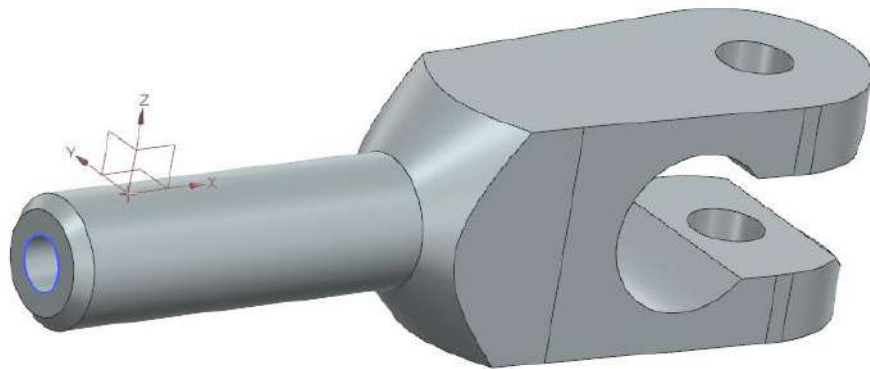


Рисунок 1.10 – 3D модель деталі з операційного ескізу

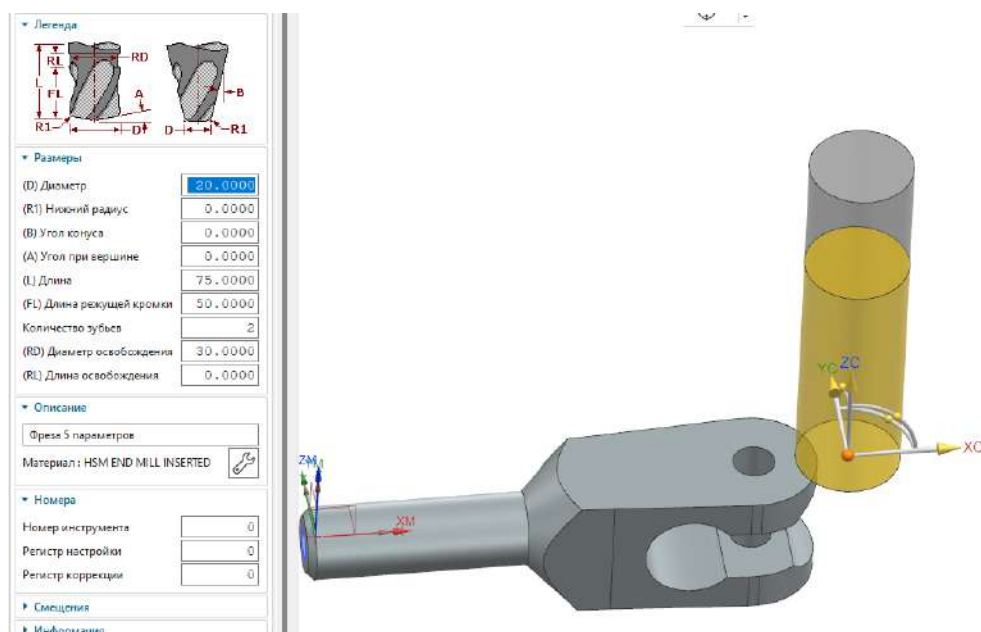


Рисунок 1.11 – Орієнтація інструменту відносно поверхні обробки

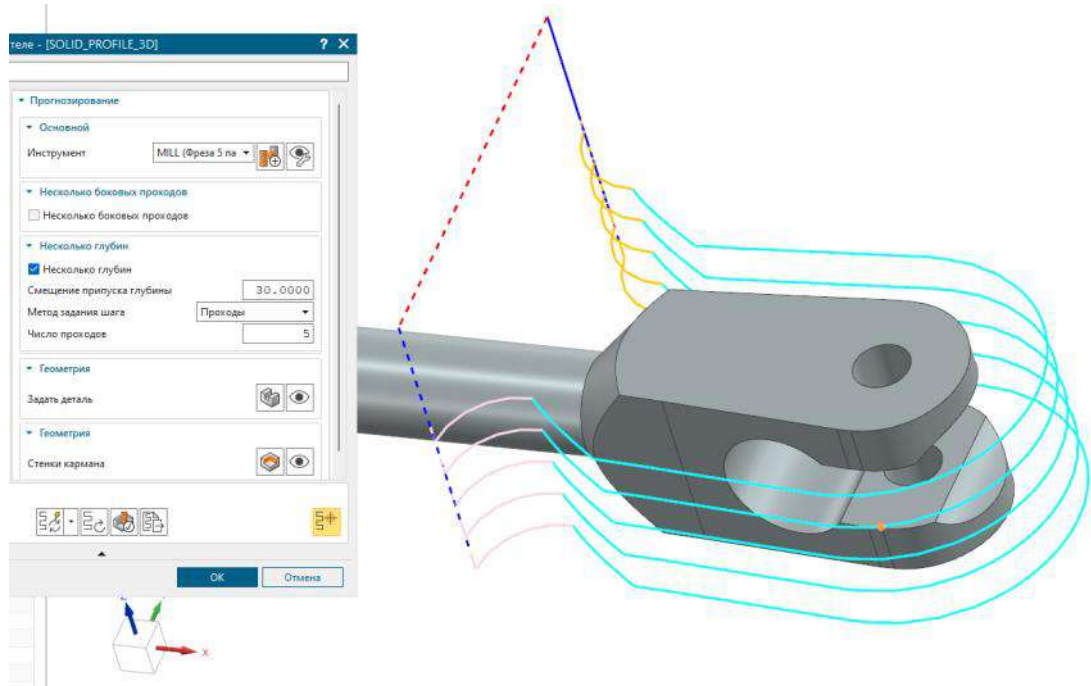


Рисунок 1.12 – Траектория обработки поверхности на фрезерной операции

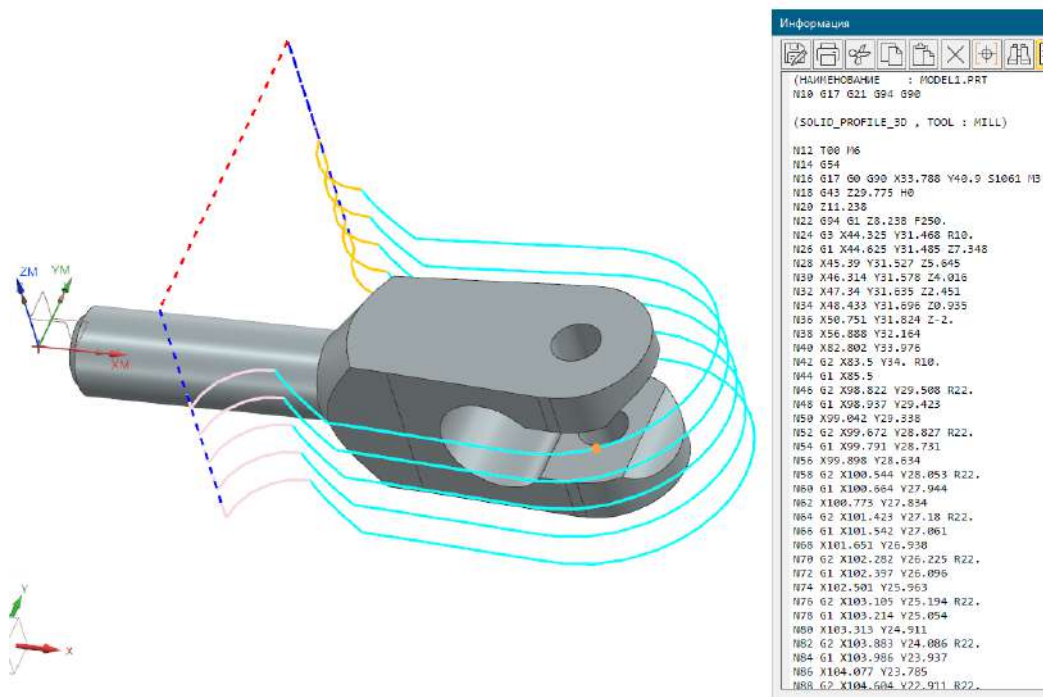


Рисунок 1.13 – Программа обработки в G кодах

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

У дипломному проекті для встановлення деталі на горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р82 (опер. 025) використовується спеціальний пристрій для фрезерної обробки, з пневмоциліндром двосторонньої дії.

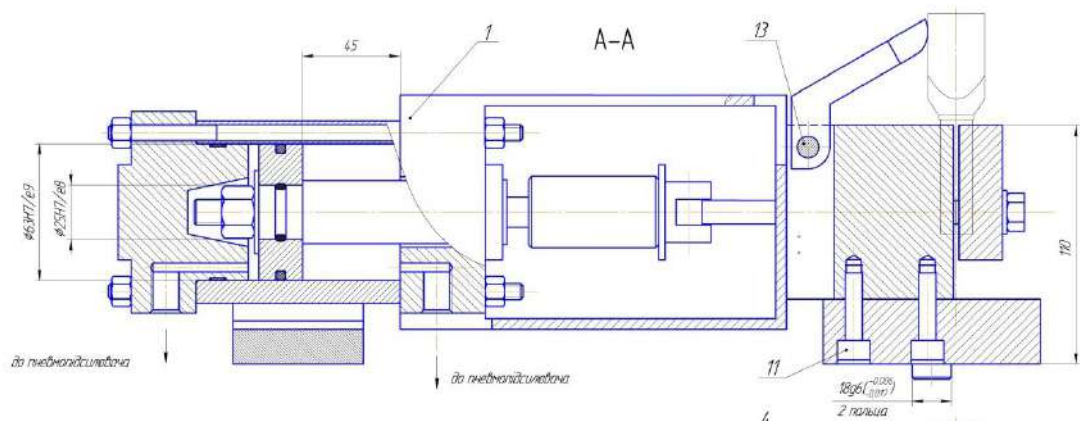


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для фрезерування.

В залежності від конструкції та функціональності пневмоприводи поділяються на:

- односторонньої дії (повітря-пружина);
- двохсторонньої дії (повітря-повітря)

Переваги пневмоприводів:

- невеликі габарити, в порівнянні з механічними приводами;
- зручні та надійні в експлуатації;
- забезпечують необхідне зусилля затиску;
- недорого коштують;
- екологічно чисті.

Недоліки пневмоприводів:

- не забезпечують плавність ходу;

- недовговічні;
- гучні.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування для фрезерної обробки (рис.2.1) складається з пневмоприводу 1, який прикріплений до корпусу 3. Установ 4 призначений для запобігання відхиленню деталі при механічній обробці.

Пристосування центрується на столі верстата за допомогою двох пальців 7, а закріплюємо пристосування на столі верстатка через пази у плиті 2 верстатними болтами.

Принцип роботи затискного пристрою.

Закріплення відбувається, коли стисле повітря подається у праву порожнину пневмоциліндра, воно тисне на поршень зі штоком, який пов'язаний із штовхачем, той тягне його вліво та затискає деталь.

Розкріплення відбувається, коли стисле повітря подається до лівої порожнини пневмоциліндру, шток із поршнем, разом із штовхачем рухаються вправо, відштовхуючи прижим, таким чином звільняється деталь.

Специфікація фрезерного пристосування наведена у додатку А.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь клема встановлюється у призму з вертикальною площиною
 рисунок 2.2

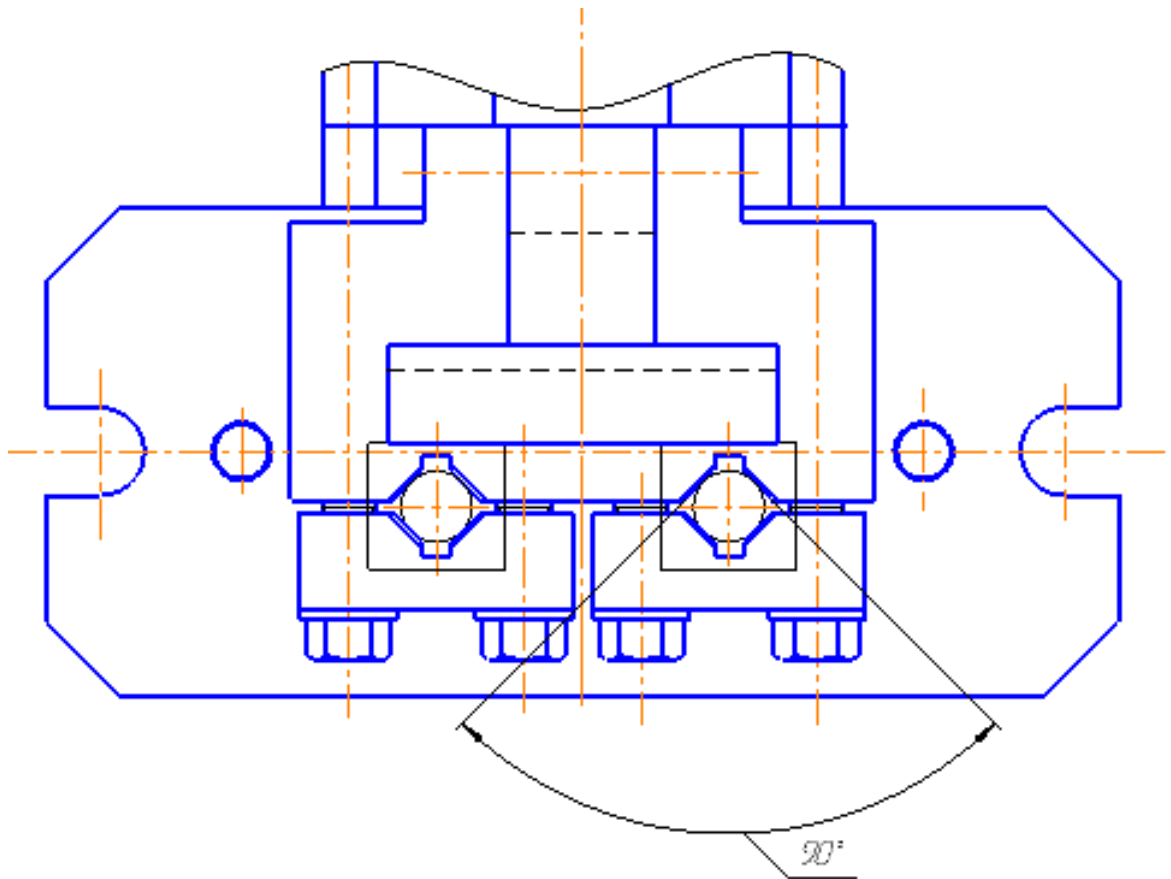


Рисунок 2.2 – Ескіз встановлення деталі у пристосування.

Визначаємо похибку встановлення на розмір $26_{-0.2}$ під час фрезерування лисок по [5, с.51].

Похибка встановлення визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \varepsilon_3 + \varepsilon_6 \quad (2.1)$$

де ε_3 - частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення;

ε_6 - частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз.

Похибку базування на розмір визначаємо за [5, с.51] по формулі:

$$\varepsilon_6 = 0,7 \cdot T_{014} \quad (2.2)$$

$$\varepsilon_6 = 0,7 \cdot 0,18 = 0,126 \text{ мм}$$

Похибку закріплення на розмір визначаємо за [5,с.51] по формулі:

$$\begin{aligned} \varepsilon_3 &= 0,030 \cdot \sin 45^\circ \\ \varepsilon_3 &= 0,030 \cdot \sin 45^\circ = 0,025 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Розраховуємо похибку встановлення за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = 0,126 + 0,025 = 0,151 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення дорівнює 0,151, а допуск на обробку поверхні $26_{-0,2}$, то даний пристрій забезпечує обробку деталі з заданою точністю.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Необхідну силу різання визначаємо та проводимо розрахунок сили затиску по найбільшій силі різання $P_z = 1136,2 \text{ Н}$.

Розрахуємо діаметр пневмоциліндру по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{шт}}}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.4)$$

де $p = 0,6 \text{ МПа}$ - тиск стисненого повітря;

$\eta = 0,9$ - ККД, що враховує втрати на тертя ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1136,2}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 51,74 \text{ мм}$$

За ГОСТ 15608-81 приймаємо найближчий діаметр пневмоциліндра з ряду стандартних $D_{\text{цїл.}} = 63 \text{ мм}$, $d_{\text{шт.}} = 18 \text{ мм}$.

Знаходимо дійсне значення W_d для пневмопривіда двухсторонньої дії у безштоковій порожнині:

$$W_d = \frac{0,6 \cdot 3,14 \cdot 63^2}{4} \cdot 0,9 = 1682,4 \text{ Н}$$

Визначаємо дійсне значення W_d для пневмопривода двухсторонньої дії у штоковій порожнині:

$$W_d = \frac{0,6 \cdot 3,14 \cdot (63^2 - 18^2)}{4} \cdot 0,9 = 1545,1 \text{ Н}$$

Так як сила затиску складає $W_d = 1682,4 \text{ Н}$, а сила різання $P_z = 1136,2 \text{ Н}$, то можна зробити висновок, що даний пристрій можна використовувати при заданій обробці.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Підвищення якості продукції залежить від правильної організації технічного контролю і використання прогресивних методів контролю.

Контрольними пристосуваннями називають спеціально виготовлені засоби вимірювання, що є конструктивним поєднанням базуючих, затискних і вимірювальних елементів [9].

Під приладами розуміються універсальні виробничі засоби вимірювання, які шляхом додавання простих спеціальних пристроїв пристосовуються для контролю заданих елементів певних деталей. Тим самим універсальний прилад з додаванням до нього спеціального пристрою перетворюється на звичайне контрольне пристосування [9].

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

У дипломному проекті використовуємо контрольне пристосування для вимірювання симетричності поверхні 11 відносно бази А.

Вимірювання виконується наступним чином: деталь встановлюють в спеціальну оправку 4. Спеціальна оправка 4 запресована у корпус 2. Корпус 2 встановлюють на 1 за допомогою Т-образного пазу. На стійці 5 розміщена вимірювальна голівка 7. Вимірювальна голівка 7 підводиться до контрольованої поверхні та переміщується повздовжньо за допомогою спеціального шарніру 9, та спостерігають за показниками на вимірювальній голівці.

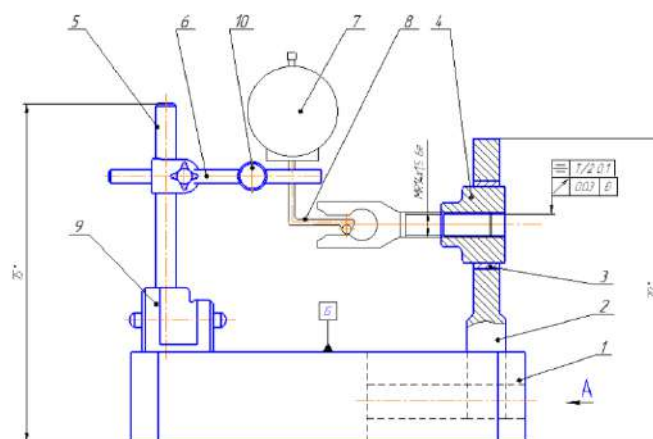


Рисунок 2.3 – Пристосування контрольне

2.3 Розрахунок на міцність

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 2.4.

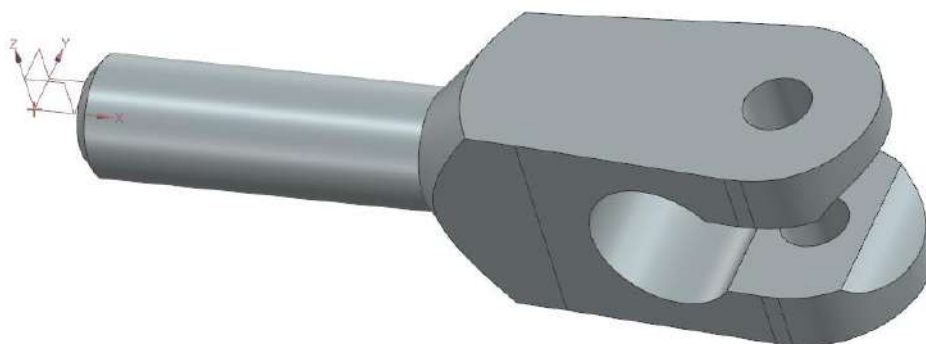


Рисунок 2.4 – 3D модель заданої деталі

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 2.5.

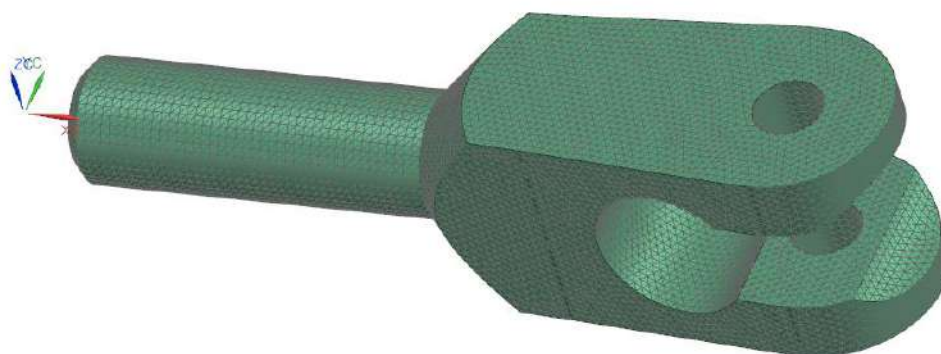


Рисунок 2.5 – Модель, розбита на сітку кінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках (рис. 2.6), еквівалентні експлуатаційним.

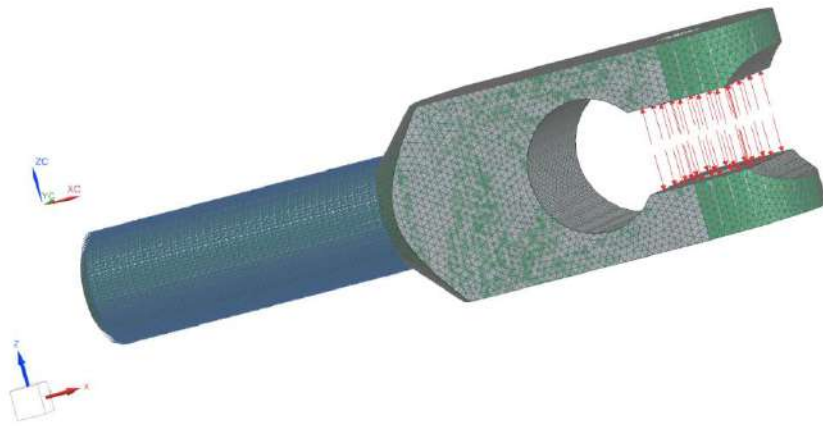


Рисунок 2.6 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану деталі при різному навантаженні (рис. 2.7-2.9).

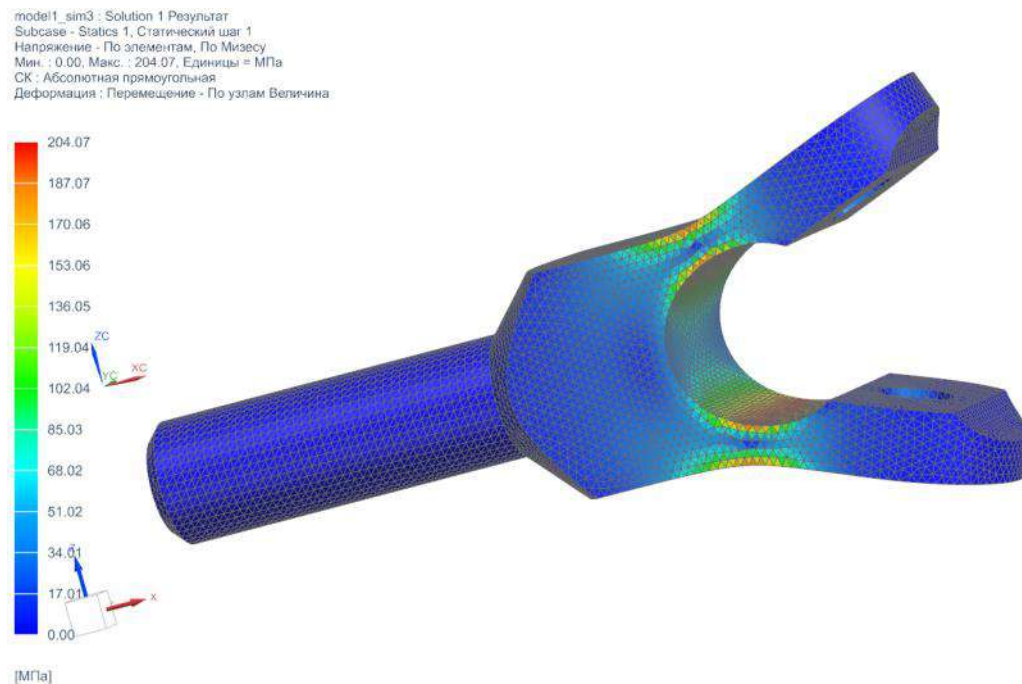


Рисунок 2.7 – Результат розрахунку напружено-деформованого стану при навантаженні 1000 Н

model1_fem3_sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Statics 1, Статический шаг 1
 Напряжение - По элементам, По Мизесу
 Мин. : 0.00, Макс. : 408.15, Единицы = МПа
 СК : Абсолютная прямоугольная
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

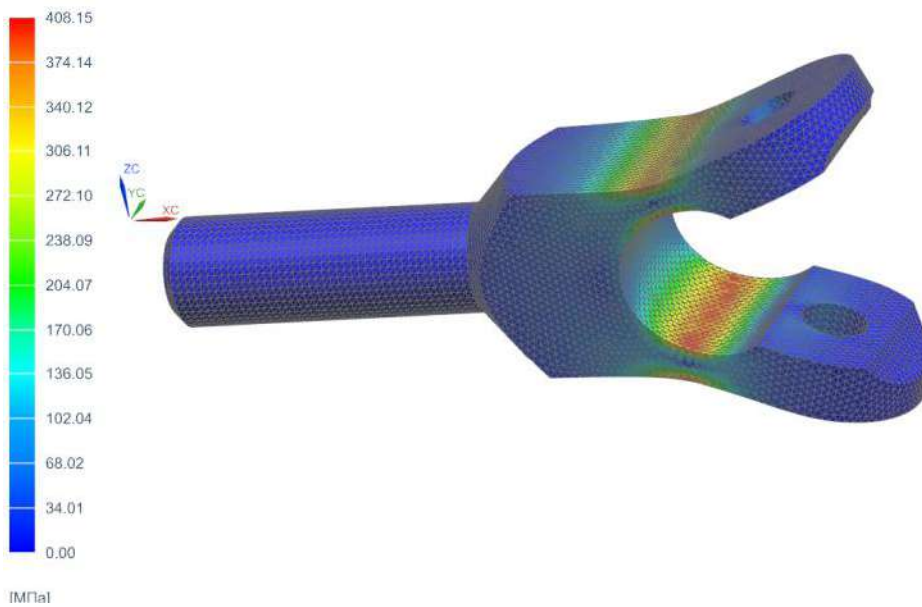


Рисунок 2.8 – Результат розрахунку напружено-деформованого стану при навантаженні 2000 Н

model1_sim3 : Solution 1 Результат
 Subcase - Statics 1, Статический шаг 1
 Напряжение - По элементам, По Мизесу
 Мин. : 0.00, Макс. : 1020.37, Единицы = МПа
 СК : Абсолютная прямоугольная
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

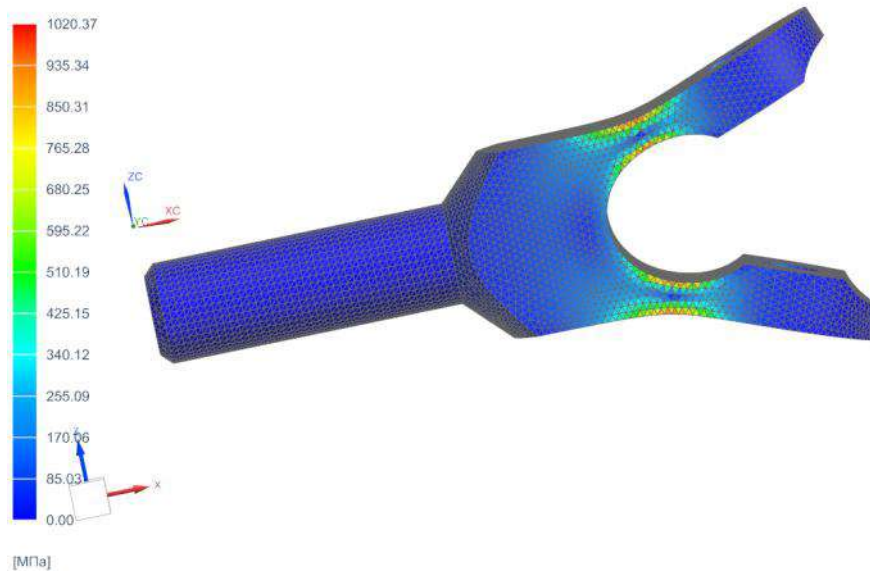


Рисунок 2.9 – Результат розрахунку напружено деформованого стану при навантаженні 5000 Н

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку НДС моделі клеми

Номер досліджу	Навантаження σ_0 , Н	Максимальні напруження σ_{max} , МПа	Коефіцієнт запасу міцності n_σ
1	500	102	6,22
2	1000	204	3,11
3	2000	408	1,55
4	5000	1020	0,622

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом будуть симетричні тонкі елементи конструкції деталі, які мають меншу товщину.

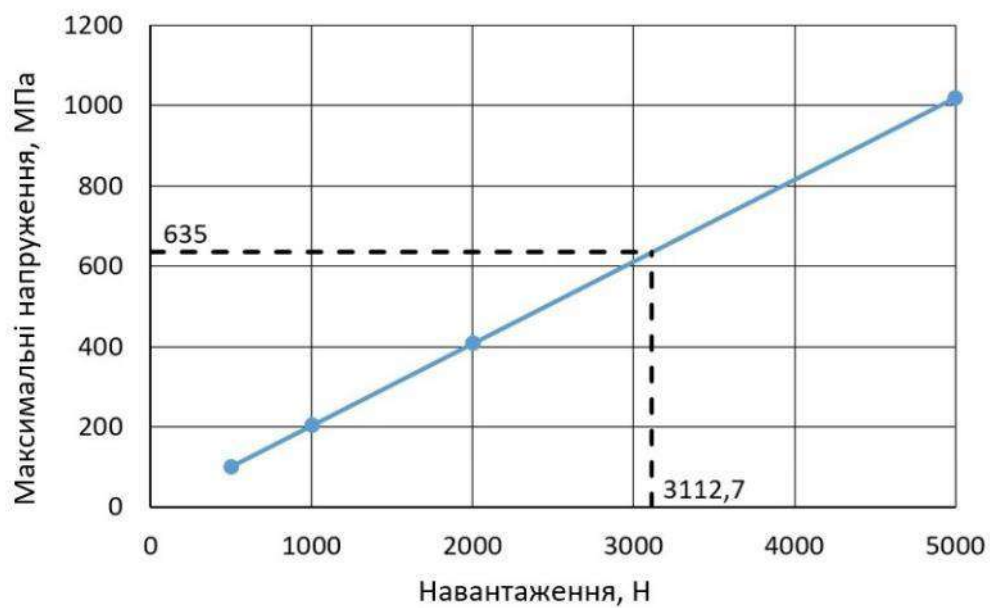


Рисунок 2.10 – Залежність максимальних напружень σ_{max} в моделі від навантажень σ_0

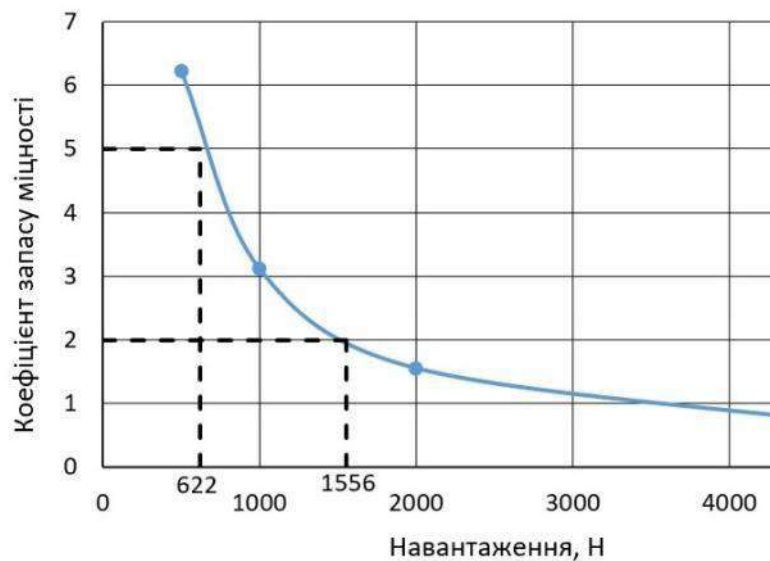


Рисунок 2.11 – Залежність коефіцієнту запасу міцності n_σ моделі від навантажень σ_0

З графіку (рис. 2.10) ймовірне руйнування може початися при прикладенні навантаження $n_\sigma = 3112,7$ Н через досягнення допустимого значення напружень конструкції з даного матеріалу – границя міцності сталі 40ХН2МА [σ_B]=635 МПа [10].

Якщо прийняти необхідний коефіцієнт запасу міцності по напруженням $n_\sigma = 2...5$, то по графіку на рисунку 2.11 можна визначити відповідний інтервал допустимих навантажень [σ_0] = 622...1556 МПа, які забезпечать заданий запас міцності.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок норми штучно-калькуляційного часу

Норма штучно-калькуляційного часу ($T_{шт.к.i}$) визначається по кожній операції окремо за формулою:

$$T_{шт.к.i} = T_{шт.i} + \frac{T_{пз.i}}{n_{онм}}, \text{ хв} \quad (3.1)$$

де $T_{шт.i}$ – норма штучного часу і-ої операції, хв.;

$T_{пз.i}$ – підготовчо-заклучний час і-ої операції, хв.;

$n_{онм}$ – величина партії, шт.

За формулою (3.1) визначаємо норму штучно-калькуляційного часу для операцій:

$$T_{шт.к.i010} = 1,05 + \frac{18}{656} = 1,07 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i015} = 1,11 + \frac{26}{656} = 1,14 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i020} = 1,16 + \frac{18}{656} = 1,18 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i025} = 2,3 + \frac{18}{656} = 2,32 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i030} = 5,9 + \frac{19,5}{656} = 5,92 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i035} = 2,35 + \frac{18}{656} = 2,37 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i040} = 2,3 + \frac{18}{656} = 2,32 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i045} = 2,26 + \frac{28}{656} = 2,30 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i050} = 4,5 + \frac{28}{656} = 4,54 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i055} = 1,18 + \frac{18}{656} = 1,20 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i075} = 3,57 + \frac{19,5}{656} = 3,59 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i080} = 2,28 + \frac{26}{656} = 2,31 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i085} = 2,37 + \frac{19,5}{656} = 2,39 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.i090} = 1,16 + \frac{17}{656} = 1,18 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносяться в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Норма штучно-калькуляційного часу

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт}$, хв.	$T_{пз}$, хв.	Величина партії, $n_{опт}$, шт.	$T_{шт.к.}$, хв.
1	2	3	4	5	6
010	Токарно-гвинторізна	1,05	18	656	1,07
015	Токарна з ЧПУ	1,11	26	656	1,14
020	Токарно-гвинторізна	1,16	18	656	1,18
025	Горизонтально- фрезерна	2,3	18	656	2,32
030	Плоскошліфувальна	5,9	19,5	656	5,92
035	Вертикально- свердлильна	2,35	18	656	2,37
040	Токарно-гвинторізна	2,3	18	656	2,32

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
045	Фрезерна з ЧПУ	2,26	28	656	2,30
050	Фрезерна з ЧПУ	4,5	28	656	4,54
055	Горизонтально-фрезерна	1,18	18	656	1,20
075	Плоскошліфувальна	3,57	19,5	656	3,59
080	Токарна з ЧПУ	2,28	26	656	2,31
085	Внутрішшліфувальна	2,37	19,5	656	2,39
090	Вертикально-свердлильна	1,16	17	656	1,18
	Всього	33,99	-	-	29,13

3.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання

Розрахуємо річну верстатомісткість по операціям за [12, с.10] по формулі:

$$T_{\text{шт}} = \sum_j T_{\text{шт.к.іj}} \cdot N_j \quad (3.2)$$

де $T_{\text{шт.к.іj}}$ – штучно-калькуляційний час механічної обробки, хв;

N_j - річна програма випуску, шт.

$$T_{\text{шт.к.010}} = 1,07 \cdot 168\,000 = 179\,760 \text{ хв}$$

Аналогічно розрахуємо для інших операцій та запишемо результати у таблицю 3.2.

У серійному виробництві розрахунок необхідної кількості обладнання проводиться за формулою [12, с.10]:

$$C_{\text{розр}} = \frac{T_{\text{шт}}}{F_d \cdot m \cdot 60} \quad (3.3)$$

де $C_{\text{розр},i}$ – розрахункова кількість верстатів $F_g = 2096$ год.;

m – кількість змін.

$$C_{\text{розр},010} = \frac{179\,760}{2096 \cdot 2 \cdot 60} = 0,71$$

Приймаємо кількість верстатів $C_{\text{пр},010} = 1$ шт.

Аналогічно розрахуємо для інших операцій та запишемо результати у таблицю 3.2.

Коефіцієнт завантаження по кожному типу верстатів визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{C_{\text{розр},i}}{C_{\text{пр},i}} \quad (3.4)$$

За формулою (3.4) визначаємо коефіцієнт завантаження для операцій:

$$K_{3010} = \frac{0,71}{1} = 0,71$$

Аналогічно розрахуємо для інших операцій та запишемо результати у таблицю 3.2.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання на ділянці визначається по формулі:

$$K_3 = \frac{\sum C_{\text{розр.і}}}{C_{\text{пр.і}}} \quad (3.5)$$

$$K_{3.\text{ср}} = \frac{22,52}{28} = 0,8$$

По завершенню розрахунків заповнюється таблиця 3.2

Таблиця 3.2 - Завантаження обладнання по операціях технологічного процесу.

№ оп	Модель обладнання	Т,хв	Кількість обладнання		Кз
			Срозр	Спр	
1	2	3	4	5	6
010	1А616П	179 760	0,71	1	0,71
015	SBL 300	191 520	0,76	1	0,76
020	1А616П	198 240	0,78	1	0,78
025	6P82	389 760	1,54	2	0,77
030	3Д722Ф1	994 560	3,95	4	0,98
035	2Н118	398 160	1,58	2	0,79
040	1А616П	389 760	1,54	2	0,77
045	ГФ217С5	386 400	1,53	2	0,76
050	ГФ217С5	762 720	3,03	4	0,75
055	6P82	201 600	0,80	1	0,8
075	3Д722Ф1	603 120	2,39	3	0,79
080	SBL 300	388 080	1,54	2	0,77
085	3К227А	401 520	1,59	2	0,79
090	2Н118	198 240	0,78	1	0,78
Всього			22,52	28	0,80

Будуємо графік завантаження рисунок 3.1

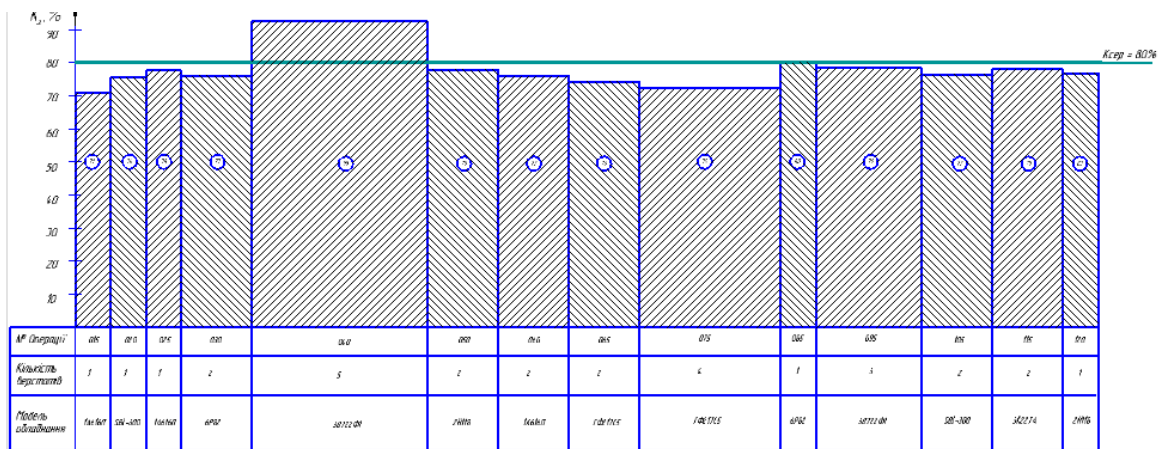


Рисунок 3.1 –Завантаження обладнання

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} \quad (3.6)$$

де O - кількість операцій технологічної лінії при виготовленні деталі;

M - кількість робочих місць на технологічній лінії робочих місць.

$$K_{з.о.} = \frac{30}{28} = 1,07$$

Оскільки $1 < K_{з.о.} < 10$, то тип виробництва приймаємо серійним.

3.4 Організація багатOVERстатного обслуговування

БагатOVERстатне обслуговування застосовується на верстатах з тривалим машинно-автоматичним часом.

Призначимо багатOVERстатну механічну обробку на токарній групі верстатів з ЧПУ (операції 010, 015, 020, 040, 080). Операція 080 має максимальний основний час токарної групи – 2,11 хв.

Розраховуємо кількість верстатів для обслуговування одним оператором, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{o\ max} + t_{\text{доп}}}{t_{\text{доп}} + t_{\text{пер.}}} \quad (3.7)$$

де $t_{o\ max}$ – максильний основний час, хв;

$t_{\text{пер.}}$ - час на перехід від верстата до верстата.

$$m_s = \frac{2,11 + 1,4}{0,32 + 0,15} = 7,46$$

Розрахуємо кількість операторів у зоні обслуговування за формулою:

$$R_j = \frac{\sum S_n}{m_{sj}} \quad (3.8)$$

$$R = \frac{5}{7,46} = 0,67$$

Виходячи із розрахунків для роботи на п'яти токарних верстатах призначаємо одного оператора.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ

При розробці технологічного процесу для фрезерної операції було спроектовано механічний затискний пристрій (п.2.1) з пневмоприводом (ескіз - рис. 4.1) замість класичних верстатних лещат [11] з ручним затиском (ескіз вказано на рис. 4.2), у яких площинні губки, ліва і права, замінені на призматичні з кутом 90° з обох боків з ручним гвинтовим затиском і напрямними, що зробило їх дорожчими за рахунок модернізації.

Перевіримо економічну доцільність використання запропонованих пристосувань. Розрахунок ведемо за методичними вказівками [12].

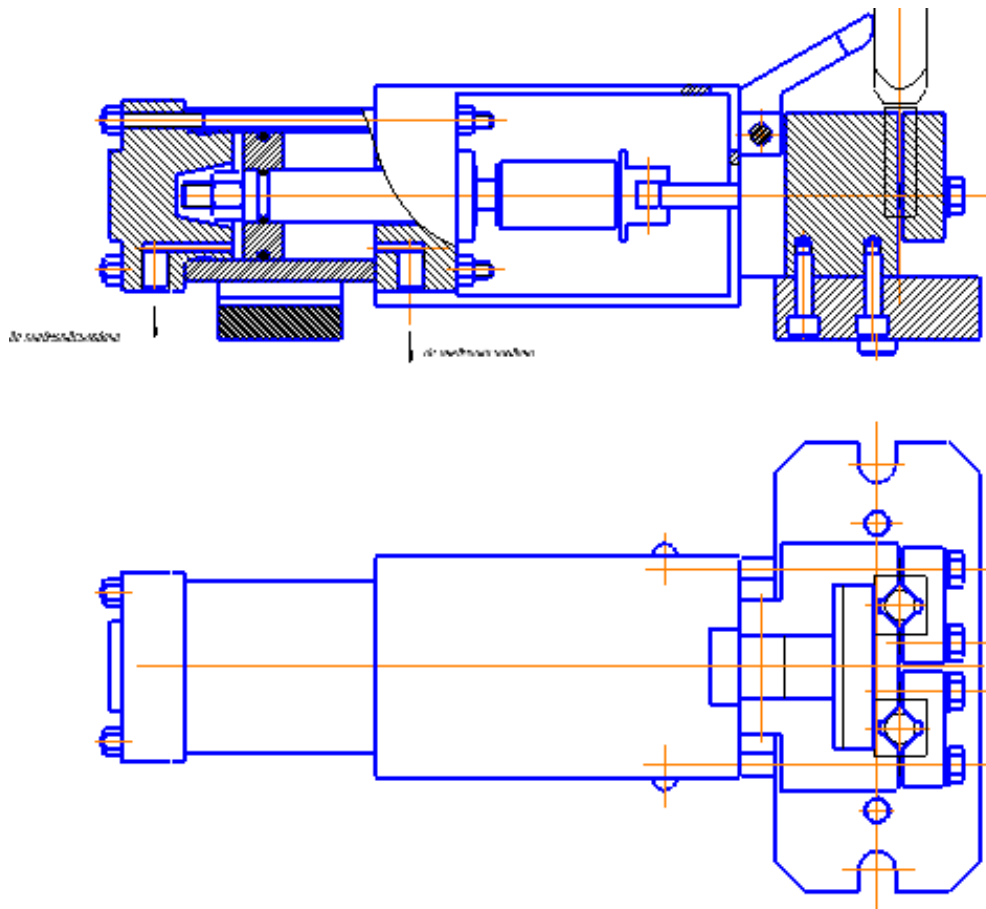


Рисунок 4.1 – Ескіз механізованого пристосування з пневмоприводом

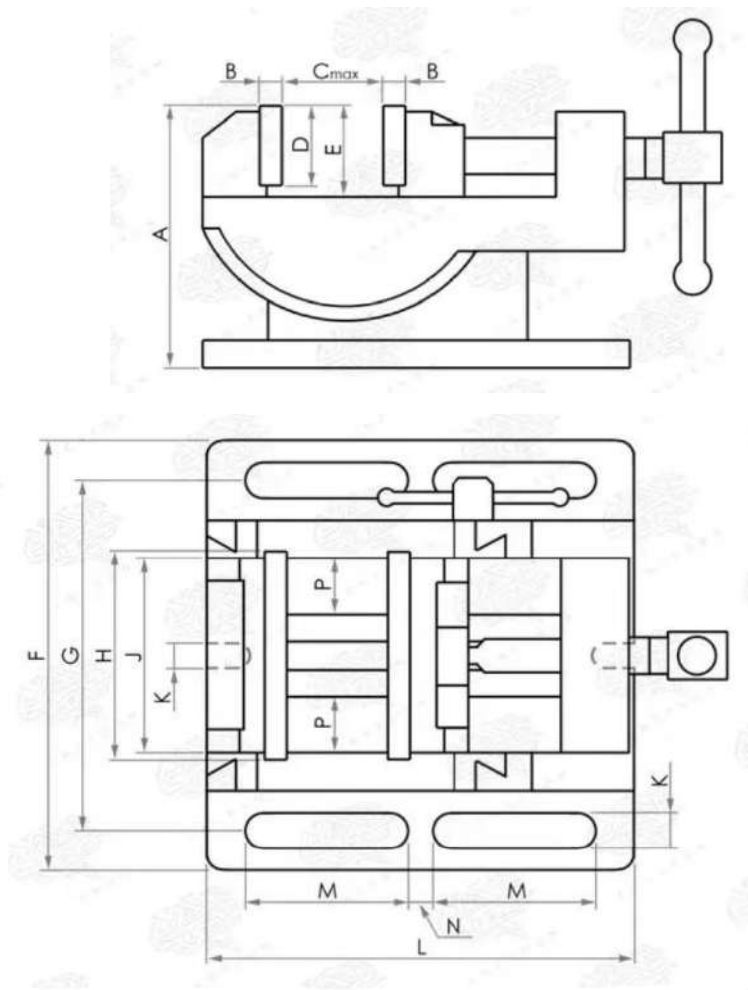


Рисунок 4.1 – Ескіз ручних верстатних лещат [11]

Собівартість C_i використання пристосування (де індекс $i=1$ – це перший варіант – механізоване пристосування; $i=2$ то другий варіант – лещата з ручним затиском) розраховується за наступною формулою:

$$C_i = Z_i \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_i}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A_i} + \frac{q}{100}\right), \quad (4.1)$$

де Z_i – заробітна плата робітника за одну деталь, грн, розраховується за формулою:

$$Z_i = t_{\text{шт}i} \cdot Z_{\text{хвл}i}, \quad (4.2)$$

де $t_{штi}$ – штучно-калькуляційний час операції з використанням i -го пристосування, хв;

$З_{хвi}$ – хвилинна ставка робітника, грн;

H – цехові накладні витрати, %;

S_i – витрати на виготовлення пристосування, розраховуються наступним чином:

$$S_i = C_{\pi i} \cdot N_i, \quad (4.3)$$

де $C_{\pi i}$ – вартість виготовлення однієї деталі i -го пристосування, грн;

N_i – кількість деталей у пристосуванні за специфікацією, шт;

A_i – строк амортизації i -го пристосування, років;

q_i – річні витрати на обслуговування i -го пристосування, %.

Штучно-калькуляційний час на механізованому пристосуванні, де обидві поверхні оброблюються одночасно за один перехід $t_{шт1} = 2,32$ хв. На ручних лещатах, де поверхні оброблюються по черзі і треба перевстановлювати деталь на 180° , $t_{шт2} = 5,01$ хв. Ставка за годину робітника 5 розряду при роботі на механізованому пристрої 65,1 грн/год, а на ручному кваліфікація робітника вище, бо треба виставляти деталь правильно після переустановки, щоб забезпечити якість обробки і взаєморозташування обробляємих по черзі поверхонь; ставка робітника 6 розряду 76,6 грн/год. Перерахуємо годинну ставку в хвилинну:

$$З_{хв1} = \frac{65,1}{60} = 1,085 \frac{\text{грн}}{\text{хв}}$$

$$З_{хв2} = \frac{76,6}{60} = 1,276 \frac{\text{грн}}{\text{хв}}$$

Розраховуємо заробітну плату робітників цих двох варіантів за формулою (4.2):

$$З_1 = 2,32 \cdot 1,085 = 2,54 \text{ грн}$$

$$З_2 = 5,01 \cdot 1,276 = 6,39 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на виготовлення пристосувань обох варіантів за формулою (4.3). Значення $C_{п1} = 150$ грн/дет і $N_1 = 31$ деталь, та $C_{п2} = 75$ грн/дет і $N_2 = 12$ деталей, відповідно, беремо з [12, с. 28] та зі специфікацій складальних креслень цих пристосувань:

$$S_1 = 31 \cdot 150 = 4650 \text{ грн}$$

$$S_2 = 12 \cdot 75 = 900 \text{ грн}$$

Річні витрати на обслуговування пристосувань q_1, q_2 дорівнюють 20 % від вартості пристосувань S_i :

$$q_1 = \frac{20}{100} \cdot 4650 = 930 \text{ грн}$$

$$q_2 = \frac{20}{100} \cdot 900 = 180 \text{ грн}$$

Собівартість використання пристосувань різних варіантів для розробляемого ТП визначаємо за формулою (4.1). Річна програма випуску 168000 деталей. Наступні вихідні дані беремо в [12, с. 28-29]: $H_1 = 250$ % та $H_2 = 200$ %; $A_1 = 2$ роки та $A_1 = 1$ рік.

$$C_1 = 2,54 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{4650}{168000} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{930}{100}\right) = 9,15 \text{ грн}$$

$$C_2 = 6,69 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{900}{168000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{180}{100}\right) = 19,2 \text{ грн}$$

Порівнюємо отримані значення собівартості виконання цієї операції за допомогою різних варіантів пристосувань.

$$C_1 < C_2$$

$$9,15 \text{ грн} < 19,2 \text{ грн}$$

Перший варіант, тобто використання механізованого більш складного пристосування при такій робочій програмі є більш вигіднішим.

Знайдемо рівноцінне значення програми випуску P_k , при якій собівартості використання пристосувань обох варіантів дорівнюють одна одній. Якщо $C_1 = C_2$, то прирівняємо ці два рівняння:

$$2,54 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{4650}{P_k} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{930}{100}\right) = 6,69 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{900}{P_k} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{180}{100}\right)$$

$$8,886 + \frac{45570}{P_k} = 19,188 + \frac{2520}{P_k}$$

Відсіля виводимо значення P_k :

$$P_k = \frac{45570 - 2520}{19,188 - 8,886} = 4178 \text{ шт.}$$

З отриманого значення P_k можна зробити наступний висновок. Для річної програми випуску, меншої, ніж 4178 деталей на рік, вигідніше використовувати прості лещата. Якщо річна програма більше, то раціональним є механізоване пристосування, і чим більше річна програма, тим вигідніше стає використання запропонованого механічного затискного пристосування з пневмоприводом. Тому для нашої річної програми випуску (168000 деталей на рік) використання механізованого пристосування є раціональним.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ НА ШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

При механічній обробці металів і сплавів виникає ряд фізичних, хімічних і біологічних небезпечних і шкідливих факторів. Частини виробничого обладнання, що рухаються, вироби і заготовки, що переміщаються, висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту, підвищена напруга в мережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини, відносяться до категорії фізичних небезпечних факторів. Фізично небезпечними виробничими факторами для процесу різання являються: задимленість, загазованість повітря робочої зони, високий рівень шуму та вібрації, недостатність освітлення робочої зони. По ГОСТ 12.003-71 передбачена класифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів. У курсовому проекті передбачається комплексно-автоматизована ділянка по виготовленню деталі. ГОСТ 12.3012-75 встановлює загальні вимоги безпеки до груп виробничих процесів.

До початку роботи необхідно на робочому місці підготувати все, що необхідно для виконання завдання: креслення, технологічну карту, ріжучий інструмент тощо. Перед початком роботи працівники мають перевірити наладку верстату і заземлення. Працівник повинен чітко знати, що на протязі роботи верстата не можна встановлювати та знімати будь-які захисні пристрої з рухомих механізмів, перевіряти, закріплювати заготовки, ріжучий інструмент, прибирати руками стружку. Після закінчення роботи необхідно вимкнути верстат, очистити його від стружки, прибрати інструмент.

ГОСТ 12.1005-76 передбачає температуру приміщення і вологість повітря робочої зони. Вони повинні відповідати нормам. В холодний і перехідний період – температура повітря повинна складати 18-21°C, відносна вологість – 40-60%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с. В теплий період -

температура повітря – 21-23°C, відносна вологість 40-60%, швидкість руху повітря – 0,3 м/с.

У технологічному процесі є точні операції, а саме шліфувальні. Робота на шліфувальних верстатах може супроводжуватися наявністю низки шкідливих та небезпечних виробничих факторів, у тому числі:

- електричний струм;
- абразивний пил та аерозолі мастильно-охолоджувальної рідини;
- шматочки абразивного матеріалу, що відлітають, і оброблюваних деталей;
- висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту;
- Підвищений рівень вібрації;
- рухомі машини та механізми, пересувні вироби, заготівлі, матеріали;
- недостатня освітленість робочої зони, наявність підвищеної пульсації світлового потоку [13].

Загальні вимоги безпеки:

- до самостійної роботи на шліфувальних верстатах допускається навчений персонал, який пройшов медичний огляд, інструктаж з охорони праці на робочому місці, ознайомлений із правилами пожежної безпеки та засвоїв безпечні прийоми роботи;
- шліфувальнику дозволяється працювати тільки на верстатах, до яких його допущено, та виконувати роботу, яка доручена йому керівником цеху (дільниці);
- робочий, який обслуговує шліфувальні верстати, повинен мати: костюм бавовняний або напівкомбінезон, захисні окуляри, черевики юфтеві;
- якщо підлога слизька (облита маслом, емульсією), робітник зобов'язаний вимагати, щоб його посипали тирсою, або зробити це самому [13].

Шліфувальнику забороняється:

- використовувати несправні абразивні інструменти;

- працювати за відсутності на підлозі під ногами дерев'яних ґрат по довжині верстата, що виключає попадання взуття між рейками та забезпечує вільне проходження стружки;
- працювати на верстаті з обірваним заземлюючим проводом, за відсутності чи несправностей блокувальних пристроїв;
- стояти та проходити під піднятим вантажем;
- заходити без дозволу за огороження технологічного обладнання;
- знімати огороження небезпечних зон працюючого устаткування [13].

Під час роботи шліфувальник зобов'язаний:

- перед встановленням на верстат оброблюваної деталі та пристосування очистити їх від стружки та олії;
- ретельно очистити дотичні базові та кріпильні поверхні, щоб забезпечити правильну установку та міцність кріплення;
- встановлення та зняття важких деталей та пристроїв проводити тільки за допомогою вантажопідіймальних засобів;
- подані на обробку та оброблені деталі укладати стійко на підкладках;
- перед встановленням на верстат шліфувальний круг піддати зовнішньому огляду з метою визначення помітних тріщин та вибоїн;
- перевірити надійність кріплення абразивного чи алмазного кола;
- перевірити справну роботу верстата на холостому ході протягом 3 - 5 хв., перебуваючи осторонь небезпечної зони можливого розриву круга [13].

Після закінчення робіт шліфувальник зобов'язаний:

- вимкнути верстат та електродвигун;
- прибрати зі верстата стружку та металевий пил;
- очистити верстат від бруду;
- акуратно скласти заготовки та інструмент на відведене місце;
- змастити частини верстата, що труться;
- здати верстат зміннику або майстру та повідомити про всі несправності верстата [13].

ВИСНОВОК

У ході дипломного проекту розробили технологічний процес виготовлення деталі «Клема». Порівняли два способи отримання заготовки на молотах та на кривошипному горячештампувальному пресі. За результатами розрахунків був обран спосіб отримання заготовки на кривошипному горячештампувальному пресі, так як він більш економічний. Економія матеріалу складає 6 486 кг.

Для забезпечення точності та якості деталі обрали більш сучасні верстати з ЧПУ.

Також був проведений розрахунок напружено-деформованого стану деталі у NX ADVANTAGE SIMULATION. Виявили, що найбільш небезпечним перерізом є симетричні тонкі елементи конструкції деталі, які мають меншу товщину.

Для зменшення часу на встановлення та закріплення деталей було спроектовано пневматичний затискний пристрій на операцію 025 – горизонтально-фрезерну, а також контрольне пристосування, для більш точного вимірювання.

Був проведений економічний розрахунок. Порівняли собівартість використання фрезерного пристосування та лещат. За результатами розрахунків обрали фрезерне пристосування, так як собівартість при річній програмі випуску деталей 168 000 шт становить 9,15 грн, коли у лещат 19,2 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сталь 40ХНМА-Ш. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://evek.com.ua/materials/stal-40hn2ma-40hnma.html>
2. Сталь 40ХНМА-Ш. Характеристика сталі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://vse-postroim-sami.ru/materials/metal/10584_konstrukcionnaya-stal-40xn2ma/
3. Методичні вказівки до 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.
4. Вибір оптимального метода отримання заготовки. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/9224499/page:11/>
5. В.А. Богуслаєв, В.А. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 461 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т.1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.- 652 с.
8. Н.А. Нефедов, К.А. Осипов «Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках» - Москва 1984г.
9. Механік. Контрольні пристосування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://machunobuduvan.ucoz.net/index/kontrolni_pristosuvannja_i_priladi/0-58.

10. Сталь 40ХНМА-Ш. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://auremo.org/materials/stal-40hn2ma-40hnma.html>.
11. Комплектуючі для верстатів. Лещата верстатні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cnc.prom.ua/ua/p1293361110-tiski-stanochnye-sverlilnye.html>
12. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с.
13. Типова інструкція охорони праці на шліфувальних верстатах. [Електронний ресурс]–Режим доступу до ресурсу:
http://norma.org.ua/document/regulations_ohrana_truda/otraslevie/rao_es_rd/292.php

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Карта ескізіб

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Карта ескізів на операцію 045

[illegible]

[illegible]

