

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 деталі «Піввісь»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи М-121сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ДОЛИННИЙ С.М.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ
« » 2024 року

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

ДОЛИННИЙ Сергій Максимович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) « Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Піввісь»

керівник проєкту (роботи) к.т.н ., доц. ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Євген Валерійович

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

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

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення піввісі; річна програма випуску N=5000 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 - 9

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 26 лютого 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 ЧПК	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	01.05.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	03.06.2024	
9	Нормоконтроль	05.06.2024	
10	Рецензія	05.06.2024	
11	Захист дипломного проєкту	13.06.2024	

Студент(ка)

(підпис) Сергій ДОЛИННИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 106 с., 15 рисунків, 8 таблиць, 2 додатка, 10 посилань.

ПІВВІСЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, ТОЧНІСТЬ, КВАЛІТЕТ, ШОРСТКІСТЬ, БАЗА, РОЗМІР, ПРИПУСК, ДОПУСК, ТЕРМООБРОБКА, ЕСКІЗ, ВЕРСТАТ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ.

Об'єкт дослідження – піввісь.

Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення деталі – піввісь.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний, комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі, комп'ютерна розробка програми керування для технологічної операції обробки деталі на верстаті з ЧПК.

В дипломному проекті що розглядається, на основі сучасних методів виробництва спроектовано технологічний процес виготовлення деталі автомобіля – піввісі. Визначено та обрано прогресивний метод отримання заготовки в умовах середньо-серійного виробництва, розраховані режими різання, виконано нормування технологічних операцій, обрано металообробні верстати з ЧПК, різальний інструмент, спроектовано конструкції робочого та контрольного пристосувань, досліджено міцнісні характеристики деталі методом розрахунку напружено-деформованого стану за допомогою спеціальної комп'ютерної програми, розглянуті вимоги щодо безпечної організації робіт в машинобудівній галузі, передбачені заходи щодо безпечної роботи працівників.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з обґрунтуванням.....	14
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	22
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	22
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	31
1.5 Розрахунок припусків и технологічних розмірів.....	32
1.6 Розрахунок режимів різання.....	38
1.7 Технічне нормування операцій.....	55
1.8 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК.....	62
2 Конструкторська частина.....	66
2.1 Проектування робочого пристосування.....	66
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	68
2.1.2 Визначення похибки базування і закріплення.....	69
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір типу приводу.....	72
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	75
2.2.1 Конструкція контрольного пристосування.....	75
2.2.2 Принцип роботи контрольного пристосування.....	78
2.3 Розрахунок на міцність деталі піввісь.....	79
3 Розробка планування ділянки.....	82
3.1 Визначення кількості обладнання на ділянці.....	82

4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки.....	85
5 Охорона праці.....	88
5.1 Запобігання травматизму на робочому місці.....	88
Висновок.....	91
Перелік джерел посилань.....	92
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	93
Додаток Б. Технологічні карти на виготовлення піввісі.....	94

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЧПК – Числове програмне керування

ПР – Прокат

КГШП – Кривошипний гарячештампувальний прес

МОП — Маршрут обробки поверхонь

Т/О — Термічна обробка

МВД – Маршрут виготовлення деталі

ППТЯ – Послідовність показників точності та якості

ВСТУП

Розвиток машинобудівної галузі визначає конкурентоспроможність економіки країни та забезпечує виробництво високоякісних продуктів і послуг, які задовольняють потреби ринку. Особливе значення цій галузі надається у зв'язку з тим, що вона забезпечує виробництво та постачання технічних засобів у всі сфери промисловості, транспорту, сільського господарства та інших галузей, які є ключовими для стабільності та розвитку країни.

Україна має значний потенціал у машинобудуванні, який базується на наявності кваліфікованої робочої сили, наукових досягнень та технологічних можливостей. Проте, для максимального використання цього потенціалу необхідна системна робота у напрямку вдосконалення виробничих процесів, впровадження новітніх технологій та стандартів якості, а також сприяння розвитку інноваційних рішень та досліджень у цій галузі.

У цьому контексті особливою увагою користуються питання автоматизації та цифровізації виробничих процесів у машинобудівній галузі. Впровадження сучасних систем автоматизації дозволяє підвищити продуктивність праці, покращити якість виробів, знизити витрати на виробництво та підвищити конкурентоспроможність на ринку.

Крім того, важливим аспектом є розвиток кадрового потенціалу у машинобудівній галузі. Необхідно забезпечити належний рівень підготовки фахівців з сучасних технологій та інженерних наук, а також стимулювати молодь до обрання кар'єри в цій сфері.

Усі ці заходи спрямовані на забезпечення сталого розвитку машинобудівної галузі, яка є ключовою для економічного зростання та процвітання країни.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

В дипломному проекті розглянемо розробку технологічного процесу виготовлення піввісі автомобіля. Піввісь виконує функцію забезпечення рухливого контакту двигуна та провідних коліс, ефективно передаючи зусилля. При цьому піввісь підтримує можливість повороту коліс, мінімізує вібрації на кермі та не допускає, щоб машина рухалася ривками.

За конструкцією піввісь має форму циліндричного валу з ступінчатою зовнішньою поверхнею та двома шестернями більшого та меншого діаметру. Деталь за вимогами має досить великі габарити, в особливості довжину, тому вона буде не жорсткою та при розробці технологічного процесу треба буде враховувати цей нюанс. Додатково маємо лиску з двома отворами та шпонковий паз до кінця правого торцю виробу. Тривимірну модель деталі зображено на рисунку 1.1.

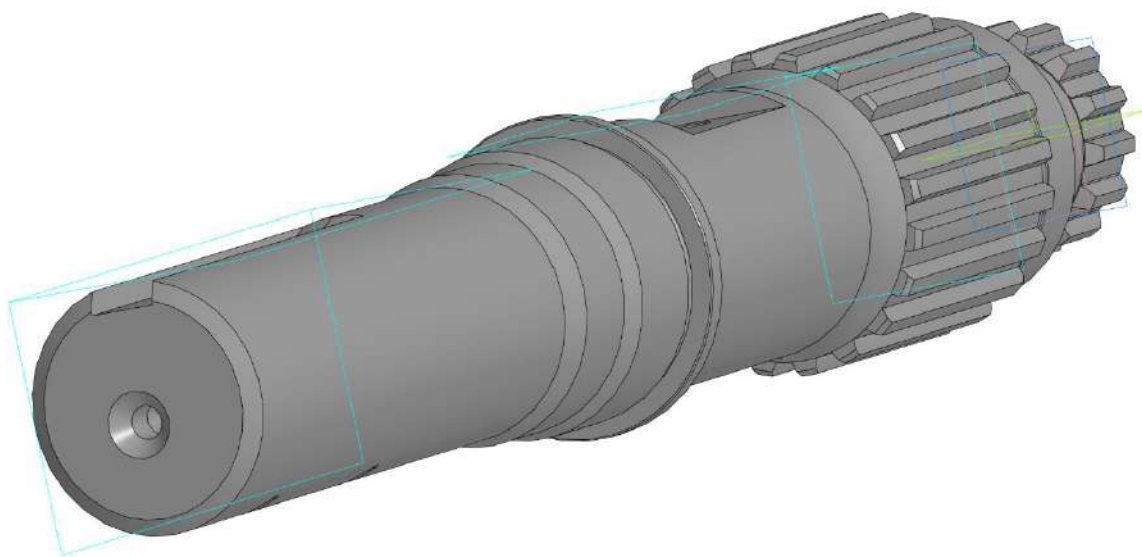


Рисунок 1.1 – Тривимірна модель піввісі

Так як деталь піддається механічним впливам, а саме кручення та згин, обрано матеріал сталь 40Х завдяки його розповсюдженості та економічності, також цей матеріал забезпечує потрібний експлуатаційний ресурс. Сталь 40Х відноситься до конструктивних низьколегованих легованих хромистих сталей.

Сталь 40Х – це міцний, зносостійкий та стійкий до корозії сплав, хімічний склад наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	Cu, %	Fe, %
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8 – 1,1	до 0,3	Решта

Завдяки цьому переліку легуючих елементів, а саме марганець, нікель та хром, сталь 40Х має необхідну міцність та зносостійкість для експлуатації деталі у автомобілебудуванні та взагалі у будь якій галузі машинобудування.

Також наявність саме цього набору легуючих елементів забезпечує необхідні якісні властивості сплаву, з якого виготовлено піввісь. Фізичні властивості розглянутого матеріалу наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, кДж/м ²	HB
655	490	15	45	59	212

Для покращення якості механічних властивостей сталі 40Х виконується термічна обробка. Для зміни структури металу, надання йому вищої міцності та продовження терміну експлуатації використовуємо загартування СВЧ. Загартування є процесом нагрівання з наступним швидким охолодженням для досягнення більшої твердості та механічної міцності сталі. Для цього сталь

нагрівається до температури, що трохи перевищує верхню критичну (від 850 до 900°C), і після цього охолоджується з більшою або меншою швидкістю (залежно від характеристик сталі) у різному середовищі: повітрі, маслі, воді з розчинними полімерами та інше. Існують різні методи для здійснення нагріву, такі як електричні печі, газові печі, соляні печі, полум'я та індукційне нагрівання ТВЧ. При загартуванні ТВЧ сталь, яка зазвичай використовується, має вміст вуглецю від 0,3% до 0,7%. Загартування ТВЧ для нагрівання металу до заданої температури одержують за допомогою генераторів та резонансного контуру, які дозволяють отримувати необхідну частоту в межах від 1-3 кГц до 400 кГц). Частота при загартуванні сталі за допомогою індукційного нагріву визначається залежно від глибини шару металу, що гартує, і його складу: чим вища частота струму, тим менша глибина його проникнення. Як правило, загартування проводиться щодо сталевих виробів, які повинні виконувати в механізмі значну роль і постійно піддаються зовнішньому впливу. Загартування ТВЧ має незаперечні переваги, якщо порівнювати з іншими видами обробки. Під впливом струмів високої частоти тепло по металу розподіляється рівномірно, дозволяючи зробити його якісну обробку.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Під час проектування технологічного процесу вирішуються різні задачі, починаючи від проектування структури і складу операцій та переходів, закінчуючи визначенням значень режимів різання і нормуванням операцій, також враховуються вимоги щодо точності і якості виробу. Також в ідеалі виготовлення деталі повинно мати як можна найнижчі затрати.

Рівень технологічного процесу визначається в першу чергу масштабами виробництва. В одиничному та малосерійному виробництвах ефективність обробки досягається завдяки можливості швидко, дешево та правильно

підготувати програму керування, для чого всі елементи технологічного процесу повинні бути визначені завчасно. В умовах середньо- та крупносерійного виробництва типові технологічні рішення можуть використовуватися для підготовки технології та розробці програм керування, на базі яких коректуються операції з метою досягнення високої продуктивності за безпосередньої участі оператора під час обробки. В крупносерійному та масовому виробництвах, оснащених верстатами-автоматами і автоматичними лініями, технологічний процес проектується за умови забезпечення високої надійності і мінімальної участі обслуговуючого персоналу для виконання підналагоджувальних та регулювальних робіт.

Головним та важливішим параметром при визначенні типу виробництва вважається коефіцієнт закріплення операцій K_{zo} . Показники K_{zo} дуже відрізняються в залежності від типів виробництва: $K_{zo} = 1$ – для масового виробництва, $1 < K_{zo} < 10$ – для велико-серійного виробництва, $10 < K_{zo} < 20$ – для середньосерійного виробництва; $20 < K_{zo} < 40$ – для малосерійного виробництва, $K_{zo} \geq 40$ – для одиничного виробництва.

Серійне виробництво може бути малосерійним, середньо-серійним та велико-серійним при врахуванні кількості деталей. Серійне виробництво характеризується одночасним виготовленням на підприємстві широкої номенклатури однорідної продукції, випуск якої повторюється протягом тривалого часу, і широкою спеціалізацією робочих місць. Воно розділено на різні операції на різних верстатах.

При розробці технологічного процесу раціонально використовувати різноманітні види технологічного обладнання, а саме універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні та автоматизовані верстати. Розробка технологічного процесу виконується докладно та досконально з використанням різних типів пристосувань, різальних та вимірювальних інструментів. Кваліфікація робітників потрібна середнього рівня.

У завданні на розробку технологічного процесу виготовлення піввісі річний план випуску складає 5000 шт. З урахуванням маси деталі, яка дорівнює

24,8 кг, та річного плану випуску визначаємо тип виробництва згідно таблиці. Згідно показників ми маємо середньо-серійний тип виробництва.

Для середньо-серійного виробництва обираємо серійно-потоківу організацію виробництва. Для неї характерно поступання деталі на дільницю партіями, але обробка або складання їх відбувається поточним методом, тобто засоби технологічного оснащення розташовано в послідовності виконання операцій технологічного процесу. Їй властиві однопредметна спеціалізація дільниць і поштучне транспортування заготовок. Поточна лінія є основою.

Так як ми виготовляємо деталі партіями, ми маємо забезпечити рівномірну та ритмічну роботу з певним тактом. Такт виготовлення деталей визначається за формулою (1.1).

Розробка технологічного процесу будемо проводити для середньо-серійного виробництва згідно з вибором типу виробництва.

Такт виготовлення деталей розраховуємо за формулою (1.1):

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N} \cdot k_v, \quad (1.1)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу, год. Визначається за формулою (1.2);
 k_v – коефіцієнт використання ефективного часу, $k_v =$ від 0,94 до 0,98;
 N – річна програма випуску, шт.

$$F_d = A \cdot m \cdot T_{cm}, \quad (1.2)$$

де A – кількість робочих днів на рік, $A = 265$;
 m – кількість змін в робочому дні, $m = 2$;
 T_{cm} – тривалість однієї зміни, год, $T_{cm} = 12$.

$$F_d = 265 \cdot 2 \cdot 12 = 6360 \text{ год}$$

$$\tau = \frac{60 \cdot 6360}{5000} \cdot 0,94 = 71,74 \text{ хв/шт}$$

Об'єм партії деталей розраховуємо за формулою (1.3):

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \quad (1.3)$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво, $a = 5$ днів;

A – кількість робочих днів у році, $A = 265$ днів.

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{265} = 95$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Найбільш раціональними технологіями виготовлення заготовок для деталі піввісь буде прокат та штампування.

Прокатування - технологічний процес обробки металу тиском, при якому за допомогою обтискання вихідної заготовки між валками прокатного стану їй надається необхідна форма і розміри. Розрізняють декілька видів прокатування, але нас цікавить сортовий прокат.

Сортовий прокат продукується у вигляді круглих, квадратних, шестикутних прутків та у вигляді кутників, швелерів та двотаврових балок різних розмірів.

Прокатка відноситься до найпотужніших видів обробки металів тиском, більше 80% одержуваної сталі піддається прокатці для отримання заготовок. Слід зазначити, що вироби, отримані прокаткою, мають внутрішні напруги через деформацію кристалічних ґрат в ході обтиснення. Для усунення напруги, яка може призвести до несподіваного руйнування виробу, застосовується термічна обробка. Метод вигідний для крупно-серійного виробництва заготовок

Переваги прокатки:

Висока продуктивність, дуже широка номенклатура виробів (аж до кульок для шарикопідшипників), метод піддається автоматизації.

Недоліки прокатки:

Висока капіталомісткість та матеріаломісткість, енергоємність, поверхня виробу вимагає механічної обробки (недостатньо точна та чиста), потрібна термічна обробка виробів.

Кривошипний гарячештампувальний прес (КГШП) - прес, основним призначенням якого є об'ємне штампування гарячих заготовок. Формозміна у КГШП відбувається за рахунок зворотно-поступального руху інструменту (верхньої частини штампу). Повзун приводиться в рух шляхом передачі обертового руху від електричного двигуна на головний вал через клинопасову і зубчасту передачу з подальшим перетворенням на прямолінійний рух повзуна.

Основною особливістю КГШП, на відміну від звичайних кривошипних пресів, є відсутність регулювання шатуна для забезпечення вищого показника жорсткості машини; більша кількість ходів, щоб уникнути охолодження заготівлі; велика жорсткість усієї конструкції преса та його окремих вузлів.

КГШП набули широкого поширення і потіснили кування на молотах завдяки тому, що штампування на КГШП відбувається швидше, ухили на поковці менше, собівартість одержуваних поковок нижче, характер роботи - ненаголошений, а припуски і допуски менше. Однак такі преси мають ряд недоліків: можлива необхідність у великій кількості переходів, потрібне дороге нагрівальне обладнання. Незважаючи на це, КГШП є невід'ємною частиною виробничого процесу, заміну яким знайти дуже важко.

Достоїнствами штампування на КГШП є відносно висока точність поковки. Припуски та допуски можуть бути приблизно на 30%, а штампувальні ухили в 1,5-2 рази менші, ніж при штампуванні на молотах. Вища продуктивність - на 30-50% вище, ніж на молотах. А із застосуванням засобів механізації та автоматизації - вище в 2-2,5 рази. Ненаголошений характер роботи дозволяє застосовувати збірні штампи. Вища надійність в експлуатації. Важливим

моментом є то що можливе застосування малокваліфікованої робочої сили (якщо при штампуванні на молотах потрібно штампувальник 5-го розряду, то при штампуванні аналогічних поковок на КГШП 3-го розряду). Собівартість поковок нижча, ніж при штампуванні на молотах.

До недоліків штампування на КГШП можна віднести найменшу універсальність, неможливість значного перерозподілу металу вздовж осі заготівлі, відсутність умов для виконання операції підкатки та протягування заготівлі, більшу кількість струмків, більш складну конструкцію штампів, необхідність очищення заготовок від окалини, догоровизну обладнання.

Розглянемо два способи отримання заготовок – гаряче об'ємне штампування у закритих штампах на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) та прокат (ПР) з точки зору економічного обґрунтування при умовах середньо-серійного виробництва.

Заготовка, що виготовляється прокатом базується у горизонтальному положенні та має вигляд зображений на рис. 1.2

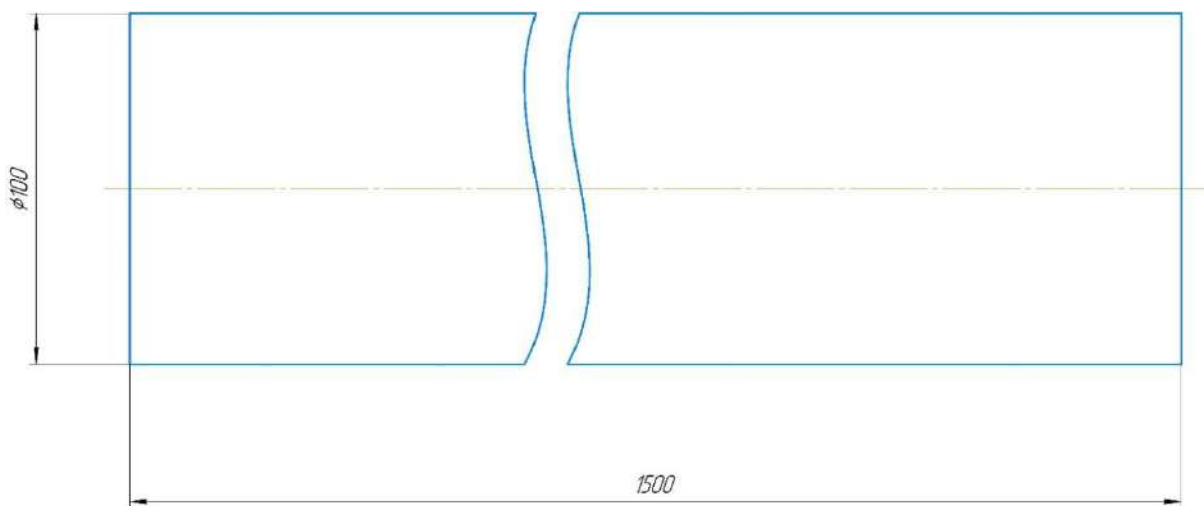


Рисунок 1.2 – Заготовка з прокату

Заготовка, що виготовляється гарячим штампуванням на КГШП базується у горизонтальному положенні та має вигляд зображений на рис. 1.3

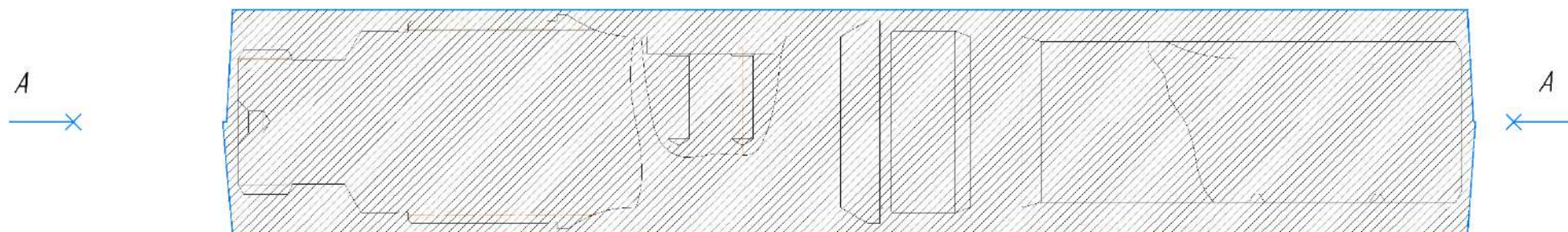


Рисунок 1.3 – Заготовка з КГШП

Остаточне рішення щодо вибору типу обладнання та технології виготовлення заготовки піввісі приймемо після відповідних розрахунків та визначимо, враховуючи певні фактори найбільш економічно доцільний варіант між прокатом та КГШП.

Розрахунок прокату:

Встановити припуски і розрахувати ескіз деталі, вагу деталі q ($q=V\rho$), вагу заготовки Q .

Деталь має такі припуски:

Так як спосіб отримання заготовки є прокат, а діаметр деталі найбільший дорівнює $\varnothing 100$ мм, вибираю пруток зі стандартних чисел діаметром $\varnothing 100$ мм і довжиною прутка $H=580$ мм.

Вага деталі $q = 24,8$ кг, то вага заготівлі, а також їх об'єм дорівнює:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H; \quad (1.4)$$

$$V_{\text{дз}} = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \cdot 580 = 4553000 \text{ мм}^3$$

$$Q = V_{\text{дз}} \rho \cdot 10^{-6}; \quad (1.5)$$

$$Q = 4553000 \cdot 7,8 = 35,51 \text{ кг}$$

Розрахувати B і η .

$$B_{\text{пр}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх}}}{1000}; \quad (1.6)$$

$$B_{\text{пр}} = \frac{1260}{1000} \cdot 35,51 - (35,51 - 24,8) \cdot \frac{140}{1000} =$$

$$= 43,24 \text{ грн.}$$

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{q}{Q}; \quad (1.7)$$

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{24,8}{35,51} = 0,7$$

Розрахувати кривошипний гарячештампувальний прес:

Встановити припуски і розрахувати ескіз деталі, вагу деталі q ($q=V\rho$), вагу заготовки Q .

Деталь має такі припуски:

Для $D_1=68$ мм, $D_2=100$ мм, $D_3=80$ мм, $D_4=95$ мм, $D_5=85$ мм, $D_6=80$ мм, $D_7=75$ мм, $L_1=50$ мм, $L_2=135$ мм, $L_3=318,5$ мм, $L_4=19$ мм, $L_5=42$ мм, $L_6=33,5$ мм, $L_7=198$ мм це буде +2,6 мм на бік

Вага деталі та заготівлі (1.5), а також їх об'єм (1.4) дорівнює:

$q=24,8$ кг;

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{3,14 \cdot 68^2}{4} \cdot 50 = 181492 \text{ мм}^3 \\
 V_2 &= \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \cdot 135 = 1059750 \text{ мм}^3 \\
 V_3 &= \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 318,5 = 1600144 \text{ мм}^3 \\
 V_4 &= \frac{3,14 \cdot 95^2}{4} \cdot 19 = 134607,875 \text{ мм}^3 \\
 V_5 &= \frac{3,14 \cdot 85^2}{4} \cdot 42 = 238208,25 \text{ мм}^3 \\
 V_6 &= \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 33,5 = 168304 \text{ мм}^3 \\
 V_7 &= \frac{3,14 \cdot 75^2}{4} \cdot 198 = 874293,75 \text{ мм}^3 \\
 V_{\text{дд}} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7; \\
 V_{\text{дд}} &= 4256799,88 \text{ мм}^3 \\
 Q &= 4256799,88 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 33,2 \text{ кг}
 \end{aligned} \tag{1.8}$$

Розрахувати B і η .

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх}}}{1000}; \tag{1.9}$$

$$\begin{aligned}
 B_{\text{КГШП}} &= \frac{350}{1000} \cdot 33,2 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 0,74 \cdot 0,87 \cdot 1 - (33,2 - 24,8) \cdot \frac{140}{1000} = \\
 &= 7,95 \text{ грн.} \\
 \eta_{\text{ВЦ}} &= \frac{q}{Q}; \\
 \eta_{\text{ВЦ}} &= \frac{24,8}{33,2} = 0,75
 \end{aligned} \tag{1.10}$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовки:

$$\begin{aligned}
 E_B &= (B_{\text{ПР}} - B_{\text{КГШП}}) \cdot N \\
 E_B &= (106,34 - 7,95) \cdot 5000 = 491950 \text{ грн.}
 \end{aligned} \tag{1.11}$$

Річне заощадження матеріалу:

$$\begin{aligned}
 M_2 &= \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \\
 M_2 &= \frac{24,8 \cdot (0,75 - 0,27)}{0,75 - 0,27} \cdot 5000 = 124000 \text{ кг}
 \end{aligned} \tag{1.12}$$

Вихідні дані та результати розрахунків заносимо до таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Порівняння способів отримання заготовки

Показники	Позначення	Вимір	ВАРІАНТ	
			1 (ПР)	2 (КГШП)
Припуск на сторону	Q	мм	2,5	2,6
Вага заготовки	Z	кг	91,84	33,2
Базова вартість 1т. заготовки	B _B	грн.	1260	350
Коефіцієнт	K _T	-	-	1,0
	K _M	-	-	1,22
	K _C	-	-	0,87
	K _B	-	-	0,74
	K _П	-	-	1,0
Вартість 1т. стружки	B _{отх}	грн.	140	140
Вартість однієї заготовки.	B	грн.	43,24	7,95
Коефіцієнт використання заготовок	η	-	0,7	0,75

За результатами розрахунку найвигіднішими виявилися заготовки з КГШП, оскільки даний спосіб має меншу вартість однієї заготівлі та має більший коефіцієнт використання заготівлі, звідси виходить велика річна економія матеріалу та грошей.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.

1.4.1 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз значною мірою визначає точність лінійних розмірів і взаємне розташування поверхонь, отриманих у процесі механічної обробки, вибір ріжучого і вимірювального інструменту, верстатів і ефективність механічної обробки. Вихідними даними для вибору баз є: креслення деталі з усіма необхідними технічними вимогами; тип і точність деталі; умови розташування та роботи деталей у машині.

Основними принципами, якими необхідно керуватися при виборі технологічних баз, є: принцип об'єднання баз даних, коли основними базами даних є технологічні бази даних, тобто конструкторські основи, що використовуються для визначення розташування деталей у виробі. У разі розбіжностей між технологічною і проектною базами виникає необхідність перерахунку заданих проектувальником допусків для їх зменшення; принцип постійності баз, коли всі основні операції використовують однакові бази. Для дотримання цього принципу часто створюють бази, які не мають конструктивного призначення (наприклад, центральні втулки на осях і т. д.); бази повинні гарантувати хорошу стійкість і надійність при складанні деталі.

Чорнова база використовується тільки один раз на першій операції. Це зв'язано з тим, що точність необроблених поверхонь нижча ніж у обробленої поверхні, а шорсткість вище шорсткості оброблених поверхонь.

Вимоги до чорнової бази: чорнова база має бути характерною для цієї деталі поверхнею, тобто займати більш певне положення щодо інших поверхонь деталі; для підвищення точності базування та надійності закріплення заготовки у пристосуванні чорнова база повинна мати достатні розміри, можливо більш високий ступінь точності (правильність та сталість форми та взаємного розташування баз у різних заготовок) та найменшу шорсткість поверхні; в якості чорнових баз не слід використовувати поверхні, на яких розташовані у виливках

прибутку та литники, а також шви, що виникли у місцях роз'ємів опок та прес-форм у виливках під тиском та штампів у поковках та штампуваннях. Поверхні, що знаходяться при формуванні внизу, як бази зазвичай краще верхніх поверхонь, так як останні мають більш пухку будову та велику кількість раковин; чорнова база повинна забезпечувати при закріпленні стійке положення деталі за відсутності її деформації.

Конструкторськими базами піввісі є А, В, К,

Згідно з вимогами, для виконання першої операції – чорнового точіння, у якості базових поверхонь вибираємо найбільший зовнішній діаметр заготовки та торець деталі. При можливості дотримуємося принципу єдності баз на всіх наступних операціях.

Необхідно зосередитися на остаточних етапах технологічного процесу, зокрема на шліфувальних операціях. Під час виконання цих операцій формуються остаточні розміри оброблюваних поверхонь, їх шорсткість та взаємне розташування.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь (МОП)

Складаю план обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 85js6^{+0.011}_{-0.011}$ мм, $T_{d3}=22$ мкм, $R_{a3}=2,5$ мкм (6 квалітет).

Встановити допуски T_{d3} та R_{a3} для поверхні вихідної заготовки. Використовуючи [1, табл. 3.3, с.16] встановлюємо:

$es_{d3}=+1.7$; $ei_{d3}=-0.8$; (приблизно 16 квалітет) $T_{d3}=2500$ мкм; $R_{a3}=40$ мкм.

Розрахувати потрібні уточнення по формулі (1.13) та (1.14):

$$\varepsilon_{oi} = \frac{T_{si}}{T_{di}} \quad (1.13)$$

де T_{si} – допуски на i -й параметр вихідної заготовки, [1, табл. 3.1, с. 13];

T_{di} – допуск за креслення для того ж i -того параметру готової деталі, [1, табл. 3.1, с. 13]

$$\varepsilon_{if} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{if}} \quad (1.14)$$

де $T_{i(j-1)}$ – технологічний допуск, що забезпечується на попередньому переході;

T_{ij} – технологічний допуск, що забезпечується на даному переході.

$$\varepsilon_{od} = \frac{2500}{22} = 113,64 \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{40}{2.5} = 16$$

За найбільшим $\varepsilon_o = 113,64$ (для визначення потрібної шорсткості) розрахуємо приблизну кількість переходів механічної обробки k за лімітованим параметром за формулою (1.15):

$$k_i = 2lg113,64 \quad (1.15)$$

$$k_i = 4,1$$

Обираємо $k=4$ переходи

Крім параметрів точності та шорсткості, доцільно провести розрахунки за параметрами взаємного розташування поверхонь, особливо, коли це вимагається за кресленням деталі.

Доцільно приблизно визначити ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів:

$$\Delta = 16 - 6 = 10 \rightarrow 4 + 3 + 2 + 1$$

$$IT16 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow h7 \rightarrow js6$$

Для інших показників якості обробки (шорсткості та взаєморозташування) розрахунки виконують аналогічно.

$$Ra40 \rightarrow Ra20 \rightarrow Ra10 \rightarrow Ra5 \rightarrow Ra2,5$$

Призначити технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається, дотримуючись визначених квалітетів точності, взаємного розташування та показників шорсткості. Точність, яка забезпечується наведена у [1, табл. 3.1, с. 13], а шорсткість у [1, табл. 3.7, с. 23].

Перший перехід – обточка чорнова, що забезпечує $T_{d1}=390$ мкм, та $R_{a1}=20$ мкм, уточнення буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2500}{390} = 6,41 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{20} = 2$$

Другий перехід – обточування чистове $T_{d2}=86$ мкм, $R_{a2}=10$ мкм:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{390}{86} = 4,53 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{20}{10} = 2$$

Подальше призначення переходів залежить від наявності у технологічному процесі операцій термообробки деталей. Для деталі, що розглядається у прикладі, термообробка необхідна, і отже досягнення необхідної точності розміру, шляхом виконання чистового та тонкого обточування стає недоцільним, тому що досягнута точність в наслідок проведення термообробки буде втрачена. Після термообробки деталь необхідно обробляти абразивним інструментом.

Третій перехід – шліфування чорнове, яке забезпечує:

$$T_{d3}=21 \text{ мкм}, R_{a3}=5 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{d3} = \frac{86}{21} = 4.1 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{10}{5} = 2$$

Четвертий перехід – чистове шліфування, $T_{d43}=18\text{мкм}$, $R_{a4}=2.5\text{ мкм}$

$$\varepsilon_{d4} = \frac{21}{18} = 1.17 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra4} = \frac{5}{2.5} = 2$$

Перевірка розрахунків умови:

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 6,41 \cdot 4,53 \cdot 4,1 \cdot 1,17 = 139,29 > \varepsilon_{do} = 113,64 \quad ;$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16 > \varepsilon_{Ra} = 16$$

Таким чином, після чотирьох переходів точність розміру $\varnothing 85js6^{+0.011}_{-0.011}\text{ мм}$ практично забезпечується, тому що сумарне уточнення практично дорівнює необхідному, як ми і розраховували за кількістю переходів k (малі розбіжності виникли внаслідок округлень при розрахунках).

Результати детального розрахунку маршруту обробка поверхонь занесено до таблиці 1.4. Прискорений розрахунок МОП занесено до таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 – План обробки зовнішньої поверхні

Показн. точн. і якості поверх.	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і послідовність показників точності та якості	Маршрут обробки поверхонь		Допуск		Уточнення	
			і	Метод обробки		Допуск Td	Шорсткість	εі по Td	εі по Ra		
	J	εо								Розраховане	Прийняте
Зовнішня циліндрична, оброблювана поверхня діаметром 85мм	Td	113,64	4.1	4	$\Delta = 16 - 6 = 10 =$ $= 4 + 3 + 2 + 1$ $IT16 \Rightarrow h12 \Rightarrow h9 \Rightarrow$ $\Rightarrow h7 \Rightarrow js6$ $Ra40 \Rightarrow Ra20 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra10 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra5 \Rightarrow Ra2,5$	1	Заготовка, IT16	2500	40	-	-
	Ra	16				2	Точіння чорнове, h12	390	20	6,41	2
						3	Точіння чистове, h9	86	10	4,53	2
						4	Шліфування чорнове h7	21	5	4,1	2
						5	Шліфування чистове, js6	18	2,5	1,17	2
										113,64	16

Таблиця 1.5 – Прискорений розрахунок МОП

Назва переходу	Розмір	Точність	Шорсткість
1	2	3	4
Поверхні 1, 12	575 _{-0,7}	h12	Ra 20
Заготовка		IT16	Ra 40
Фрезерування		h12	Ra 20
Поверхня 2	Ø68 ^{-0,03} _{-0,076}	f8	Ra 1,25
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 10
Точіння чистове		h10	Ra 2,5
Термічна обробка		-	-
Шліфування однократне		f8	Ra 1,25
Поверхні 3, 19	Ø58 _{-0,3}	h12	Ra 20
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 20
Поверхня 4	Ø85 ^{+0,011} _{-0,011}	js6	Ra 20
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 20
Точіння чистове		h9	Ra 10
Шліфування чорнове		h7	Ra 5
Шліфування чистове		js6	Ra 2,5
Поверхня 5	Ø95 ^{-0,036} _{-0,071}	f7	Ra 1,25
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 20
Точіння чистове		h10	Ra 5
Термічна обробка		-	-
Шліфування чорнове		h8	Ra 2,5
Шліфування чистове		f7	Ra 1,25

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
Поверхня 20	$60_{-0,1}$	h12	Ra 20
Заготовка		-	-
Фрезерування		h12	Ra 20
Поверхні 21, 2 отвори	$\varnothing 10^{+0,022}$	H8	Ra 10
Заготовка		-	-
Свердлення		H10	Ra 20
Зенкерування		H8	Ra 10
Зенкування 2 фасок 1x45°		-	-
Поверхні 15, 7	$\varnothing 95^{+0,7}_{-0,7}$	h12	Ra 20
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		js15	Ra 20
Поверхня 8, 24	$\varnothing 80_{-0,3}$	h12	Ra 20
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h14	Ra 20
Точіння чистове		h12	Ra 20
Поверхні 22, 23	$5_{-0,12}$	h12	Ra 20
Заготовка		-	-
Точіння чорнове		-	-
Точіння чистове		h12	Ra 20
Поверхня 18	$\varnothing 110^{+1,1}_{-1,1}$	h12	Ra 20
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 20
Поверхня 9	$\varnothing 85^{+0,0175}_{-0,0175}$	js7	Ra 1,25
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 10
Точіння чистове		h10	Ra 2,5

Продовження таблиці 1.5

Термічна обробка		-	-
Шліфування напівчистове		js7	Ra 1,25
Поверхня 16, 17	$\varnothing 80_{-0,3}$	h12	Ra 2,5
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 10
Точіння чистове		h10	Ra 2,5
Поверхня 10	$\varnothing 80_{-0,3}$	h12	Ra 2,5
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 20
Поверхня 11	$20^{+0,29}_{+0,16}$	B11	Ra 5
Заготовка		-	-
Фрезерування чорнове		H12	Ra 20
Фрезерування чистове		B11	Ra 5
Поверхня 14	$7^{+0,15}$	H12	Ra 5
Заготовка		IT16	Ra 40
Фрезерування чорнове		H12	Ra 10
Фрезерування чистове		H10	Ra 5
Поверхня 13	$\varnothing 75^{+0,176}_{+0,102}$	u9	Ra 5
Заготовка		IT16	Ra 40
Точіння чорнове		h12	Ra 10
Точіння чистове		u9	Ra 5

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Після визначення маршруту обробки поверхонь ми складаємо маршрут виготовлення деталі. Формування маршруту виготовлення деталі (МВД) включає у себе ряд кроків: визначення послідовності технологічних операцій, вибір типу та моделі верстатів для кожної операції, розміщення деталі з вказівкою умовних позначень робочих пристосувань, встановлення шорсткості поверхонь для кожної операції та перелік оброблюваних поверхонь.

У контексті виконання дипломного проекту формування МВД є творчим процесом, де, незважаючи на базові знання технічних дисциплін, можливе використання різних шляхів для вирішення завдань, оскільки відсутні обмеження стосовно технічних засобів виробництва, що характерно для реалій промислових підприємств.

Враховуючи розрахунки та технічні рішення з попередніх розділів дипломного проекту, визначаємо, що маршрут виготовлення деталі піввісі складається з таких операцій: заготівельна (штамповка у кривошипному гарячештампувальному пресі), чотирьох операцій токарних з ЧПК, свердлильної операції з ЧПК, трьох фрезерних операцій, двох термічних та слюсарних операцій, двох шліфувальних, двох зубофрезерних операцій, двох зубошліфувальних операцій, мийної та контрольної операцій.

Маршрут виготовлення деталі піввісь зображено на плакаті графічного матеріалу.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Вибираємо допуски з [1, табл. 3.1, с. 13], [1, табл. 3.3, с. 16] згідно призначених квалітетів точності обробки за призначеним у МОП маршрутом обробки поверхні та заносимо у табл. 1.6:

$$Td_{13ag} = \begin{matrix} +1,7 \\ -0,8 \end{matrix} = 2,5 \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,390 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,086 \text{ мм}$$

$$Td_4 = 0,021 \text{ мм}$$

$$Td_5 = 0,018 \text{ мм}$$

Призначаємо припуски табличним методом [1, табл. 4.3, с. 41-42].

- точіння чорнове: $2Z_2^{min} = 2,6 \text{ мм}$;

- точіння чистове: $2Z_3^{min} = 0,4 \text{ мм}$;

- шліфування чорнове: $2Z_4^{min} = 0,2 \text{ мм}$ (після чистового точіння);

- шліфування чистове: $2Z_5^{min} = 0,12 \text{ мм}$.

Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методом розмірних ланцюгів.

Номінальні припуски:

$$2Z_2^H = 2Z_2^{min} + ei_1; \quad (1.16)$$

$$2Z_2^H = 2,6 + 0,8 = 3,4 \text{ мм}$$

$$2Z_3^H = Td_2 + 2Z_3^{min}; \quad (1.17)$$

$$2Z_3^H = 0,390 + 0,4 = 0,790 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = Td_3 + 2Z_4^{min}; \quad (1.18)$$

$$2Z_4^H = 0,086 + 0,2 = 0,286 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = Td_4 + Td_5 + ei_d + 2Z_5^{min}; \quad (1.19)$$

$$2Z_5^H = 0,021 + 0,018 + 0,011 + 0,12 = 0,17 \text{ мм}$$

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховуємо номінальні розміри за формулою (1.20):

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_i^H \quad (1.20)$$

$$d_5^H = 85 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 85 + 0,17 = 85,17 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 85,17 + 0,286 = 85,456 \text{ мм}$$

$$d_2^H = 85,456 + 0,790 = 86,246 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 86,246 + 3,4 = 89,646 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}}^H = 90,2 \text{ мм}$$

Визначаємо максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки за формулою (1.21):

$$2Z_{i\max} = 2Z_i^{\min} + Td_i + Td_{i-1} \quad (1.21)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2\max} = 2,6 + 0,390 + 2,5 = 5,49 \text{ мм}$

- точіння чистове: $2Z_{3\max} = 0,4 + 0,086 + 0,390 = 0,876 \text{ мм}$

- шліфування чорнове: $2Z_{4\max} = 0,2 + 0,021 + 0,086 = 0,307 \text{ мм}$

- шліфування чистове: $2Z_{5\max} = 0,12 + 0,018 + 0,021 = 0,159 \text{ мм}$

Визначаємо загальний номінальний припуск за формулою (1.22):

$$2Z_0 = 2Z_2^H + 2Z_3^H + 2Z_4^H + 2Z_5^H \quad (1.22)$$

$$2Z_0 = 3,4 + 0,790 + 0,286 + 0,17 = 4,646 \text{ мм}$$

Робимо перевірку загального номінального розміру (1.23):

$$2Z_0 = d_1^H - d_5^H \quad (1.23)$$

$$2Z_0 = 89,646 - 85 = 4,646 \text{ мм}$$

Робимо перевірку розрахунків використовуючи контрольне правило (1.24):

$$TZ_i = 2Z_{imax} - 2Z_{imin} = Td_i + Td_{i-1} \quad (1.24)$$

$$TZ_2 = 5,49 - 2,6 = 0,390 + 2,5 = 2,89 \text{ мм}$$

$$TZ_3 = 0,876 - 0,4 = 0,086 + 0,390 = 0,476 \text{ мм}$$

$$TZ_4 = 0,307 - 0,2 = 0,021 + 0,086 = 0,107 \text{ мм}$$

$$TZ_5 = 0,159 - 0,12 = 0,018 + 0,021 = 0,039 \text{ мм}$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки вірні.

Таблиця 1.6 — Сводна таблиця припусків

і	Найменування технологічних переходів	Границі поля допуску		Допуск T_d , мм	Номінальний припуск, мм	Номінальні розміри	Граничні значення припусків В, мкм		Виконавчий технологічний
		es	ei		$2Z^H$	D^H	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 85^{+0,011}_{-0,011}$								

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Заготовка	+1,7	-0,8	2,5	-	Ø89,646	-	-	Ø89,65 ^{+1,7} _{-0,8}
2	Точіння чорнове	-	-0,39	0,39	3,4	Ø86,246	5,49	2,6	Ø86,25 _{-0,39}
3	Точіння чистове	-	-0,086	0,08 6	0,79	Ø85,456	0,87 6	0,4	Ø85,456 _{-0,086}
4	Шліфуванн я чорнове	-	-0,021	0,02 1	0,28 6	Ø85,17	0,30 7	0,2	Ø85,17 _{-0,21}
5	Шліфуванн я чистове	+0,011	-0,011	0,01 8	0,17	Ø85	0,15 9	0,1 2	Ø85 ^{+0,011} _{-0,011}
	Зовнішня циліндричн а поверхня Ø85 ^{+0,0175} _{-0,0175}								
1	Заготовка	+1,8	-1,2	3	-	Ø92,642 5	-	-	Ø92,64 ^{+1,8} _{-1,2}
2	Точіння чорнове	-	-0,35	0,35	5,7	Ø86,942 5	7,85	4,5	Ø86,94 _{-0,35}
3	Точіння чистове	-	-0,14	0,14	0,75	Ø86,192 5	0,89	0,4	Ø86,19 _{-0,14}
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Шліфування напівчистов е	0,0175	-0,0175	0,03 5	1,192 5	Ø85	1,17 5	1,0	Ø85 ^{+0,0175} _{-0,0175}
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø68 ^{-0,03} _{-0,076}								
1	Заготовка	+1,8	-1,2	3	-	Ø74,89 2	-	-	Ø74,9 ^{+1,8} _{-1,2}
2	Точіння чорнове	-	-0,3	0,3	4,8	Ø70,09 2	6,9	3,6	Ø70,1 _{-0,3}
3	Точіння чистове	-	-0,12	0,12	0,65	Ø69,44 2	0,77	0,3 5	Ø69,44 _{-0,12}
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування однократне	-0,03	-0,076	0,04 6	1,442	Ø68	1,36 6	1,2	Ø68 ^{-0,03} _{-0,076}
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø95 ^{-0,036} _{-0,071}								
1	Заготовка	+1,8	-1,2	3	-	Ø102,8	-	-	Ø102,8 ^{+1,8} _{-1,2}
2	Точіння чорнове	-	-0,35	0,35	5,7	Ø97,11	6,85	4,5	Ø97,11 _{-0,35}

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	99	10
3	Точіння чистове	-	-0,14	0,14	0,75	Ø96,36	0,89	0,4	Ø96,36 _{-0,14}
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфуванн я чорнове	-	-0,054	0,05 4	1,14	Ø95,22	1,19 4	1,0	Ø95,22 _{-0,054}
6	Шліфуванн я чистове	-0,036	-0,071	0,03 5	0,22	Ø95	0,14 9	0,0 6	Ø95 ^{-0,036} _{-0,071}
	Зовнішня циліндричн а поверхня Ø75 ^{+0,176} _{+0,102}								
1	Заготовка	+1,8	-1,2	3	-	Ø80,62 6	-	-	Ø80,6 ^{+1,8} _{-1,2}
2	Точіння чорнове	-	-0,3	0,3	4,8	Ø75,82 6	6,9	3,6	Ø75,8 _{-0,3}
3	Точіння чистове	+0,176	+0,102	0,07 4	0,82 6	Ø75	0,72 4	0,3 5	Ø75 ^{+0,176} _{+0,102}

1.6 Розрахунок режимів різання

Для операції 020 обираємо токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3
 Вибираємо різець прохідний з твердого сплаву ВК8 ГОСТ 18879-83
 Глибина різання розраховується за формулою (1.25):

$$t = \frac{d_{\text{вих}} - d_{\text{обр}}}{2}, \quad (1.25)$$

де $d_{\text{вих}}$ – початковий діаметр обробки
 $d_{\text{обр}}$ – отримуваний розмір

$$t = \frac{92,64 - 86,94}{2} = 2,85 \text{ мм}$$

Подачу обираємо за [2, табл. 17]:

$$s = 0,6 - 1,2 \text{ мм/об}$$

Корегуємо подачу за паспортом верстата (16K20Ф3):

Обираю $s = 1 \text{ мм/об}$

Швидкість різання розраховується за формулою (1.26):

$$v_p = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v \quad (1.26)$$

де T – середнє значення стійкості інструменту, середнє значення $T = 60 \text{ хв}$.

$C_v = 340$, згідно з [2, табл. 19];

$x = 0,15$, згідно з [2, табл. 19];

$y = 0,45$, згідно з [2, табл. 19];

$m = 0,2$, згідно з [2, табл. 19].

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{uv} K_{ov} K_{qv} K_r \quad (1.27)$$

де $K_{nv} = 0,8$ – згідно [3, табл. 2];
 $K_{uv} = 0,4$ – згідно [3, табл. 4];
 $K_{ov} = 1$ – згідно [3, табл. 9];
 $K_{qv} = 1$ – згідно [2, табл. 20];
 $K_r = 1,03$ – згідно [2, табл. 20].

$$K_{mv} = K \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (1.28)$$

де $K = 1$ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності, згідно [3, табл. 7];
 $n_v = 1$ – згідно [3, табл. 7].

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{655} \right)^1 = 1,15$$

$$K_v = 1,15 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 = 0,38$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,85^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,38 = 48,6 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 v_p}{\pi D}; \quad (1.29)$$

де v_p - швидкість різання, м/хв
 D - діаметр деталі, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 48,6}{3,14 \cdot 85} = 182 \text{ об/хв}^{-1}$$

За паспортом верстата, приймаємо $n_{пр} = 160 \text{ об/хв}^{-1}$

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.30):

$$v = \frac{\pi D n_{\text{пр}}}{1000}; \quad (1.30)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 160}{1000} = 42,7 \text{ м/хв}$$

Силу різання розраховуємо за формулою (1.31):

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p; \quad (1.31)$$

де $C_p = 300$ – згідно [2, табл. 22];
 $x = 1$ – згідно [2, табл. 22];
 $y = 0,75$ – згідно [2, табл. 22];
 $n = -0,15$ – згідно [2, табл. 22].

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}; \quad (1.32)$$

де K_{mp} – поправочний коефіцієнт, розраховується за формулою (1.33);
 $K_{\varphi p}$ – коефіцієнт від головного кута, $K_{\varphi p} = 1$ [2, табл. 23];
 $K_{\gamma p}$ – коефіцієнт від переднього кута, $K_{\gamma p} = 1$ [2, табл. 23];
 $K_{\lambda p}$ – коефіцієнт від кута нахилу головного леза, $K_{\lambda p} = 1$ [2, табл. 23];
 K_{rp} – коефіцієнт від радіусу при вершині, $K_{rp} = 0,93$ [2, табл. 23].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n; \quad (1.33)$$

де $n = 0,75$ – згідно [3, табл. 11].

$$K_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,9$$

$$K_p = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,84$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,85^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 42,7^{-0,15} \cdot 0,84 = 4094 \text{ Н}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою (1.34):

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}; \quad (1.34)$$

$$N_e = \frac{4094 \cdot 42,7}{1020 \cdot 60} = 2,85 \text{ кВт}$$

Основний час розраховуємо за формулою (1.35):

$$t_0 = \frac{L_{p.x.}}{s \cdot n} \cdot i; \quad (1.35)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу, визначається за формулою (1.36);
 i – кількість переходів.

$$L_{p.x.} = L_{\text{різ}} + L_{\text{вріз}} + L_{\text{пер}}; \quad (1.36)$$

$$L_{p.x.} = 292 + 2 = 294 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{294}{1 \cdot 160} \cdot 1 = 1,76 \text{ хв}$$

Для фрезерування лиски в операції 045 використовуємо вертикально-фрезерний верстат 6Т13.

Для фрезерування лиски обираємо кінцеву фрезу діаметром $D = 25$ мм зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 17025-71 з циліндричним хвостовиком.

Обираємо глибину різання $t = 8$ мм, ширина фрезерування $B = 25$ мм.

Подачу на зуб $S_z = 0,15$ мм/зуб обираємо згідно [4, табл. 33].

Швидкість різання, м/хв розраховуємо за формулою (1.37):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v; \quad (1.37)$$

де C_v, q, m, x, y, u, p – показники степенів, [4, табл. 37];

T – стійкість матеріалу фрези, $T=90$ хв [4, табл. 38];

t – глибина різання, $t = 8$ мм;

S_z – подача на зуб фрези, $S_z = 0,15$ мм/зуб [4 табл. 33];

z – кількість зубів фрези, $z=4$;

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання розраховуємо за формулою (1.38):

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}; \quad (1.38)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що обробляється, розраховується за формулою (1.28):

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{655} \right)^{0,9} = 1,1$$

K_{pv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_{pv} = 0,8$ [3, табл. 2];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{iv} = 1,0$ [3, табл. 4].

Складові формул знаходимо за таблицями [4, табл. 37]

$C_v = 41$; $q = 0,25$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,15$; $p = 0$; $m = 0,2$;

$$K_v = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,88$$

$$v = \frac{41 \cdot 25^{0,25}}{90^{0,2} \cdot 8^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 25^{0,15} \cdot 4^0} \cdot 0,88 = 39,9 \text{ м/хв}$$

Частоту обертів фрези знаходимо за формулою (1.39):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{фр}}}; \quad (1.39)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 39,9}{3,14 \cdot 25} = 508,3 \text{ об/хв}$$

Підбираємо стандартне значення за паспортом верстата (6Т13) $n_{\text{пр}} = 500$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.40):

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi p} \cdot n_{\text{пр}}}{1000}; \quad (1.40)$$

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 500}{1000} = 39,25 \text{ хв}$$

Розраховуємо рекомендовану хвилинну подачу за формулою (1.41):

$$S_{\text{м}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{пр}}; \quad (1.41)$$

$$S_{\text{м}} = 0,15 \cdot 4 \cdot 500 = 300 \text{ мм/хв}$$

Згідно паспорту верстата (6Т13) приймаємо $S_{\text{мпр}} = 250$ мм/хв.

Уточнюємо подачу на зуб з новими значеннями за формулою (1.42)

$$S_z = \frac{S_{\text{мпр}}}{z \cdot n_{\text{пр}}}; \quad (1.42)$$

$$S_z = \frac{250}{4 \cdot 500} = 0,125 \text{ мм/зуб}$$

Сила різання визначається за формулою (1.43):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{u \cdot z}}{D^q \cdot n_{\text{пр}}^w} \cdot K_{\text{мр}}; \quad (1.43)$$

де $K_{\text{мр}}$ – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив якості оброблюємого матеріала на силові залежності, визначається за формулою (1.33);

Визначаємо коефіцієнти і показники степенів $C_p = 82,5$; $q = 1,1$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $w = 0$, [4, табл. 39]

$$K_{mp} = \left(\frac{655}{750}\right)^{0,3} = 0,96$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 8^{0,95} \cdot 0,125^{0,8} \cdot 25^{1,1} \cdot 4}{25^{1,1} \cdot 500^0} \cdot 0,96 = 4508 \text{ Н}$$

Крутний момент розраховуємо за формулою (1.44)

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}; \quad (1.44)$$

$$M_{кр} = \frac{4508 \cdot 25}{2 \cdot 1000} = 56,35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання визначаємо за формулою (1.45):

$$N_e = \frac{P_z \cdot v_\phi}{1020 \cdot 60}; \quad (1.45)$$

$$N_e = \frac{4508 \cdot 39,25}{1020 \cdot 60} = 2,89 \text{ кВт}$$

Довжину робочого ходу визначаємо за формулою (1.36):

$$L_{p.x.} = 48 + 2 = 50 \text{ мм}$$

Основний час визначаємо за формулою (1.35):

$$t_0 = \frac{50}{0,125 \cdot 500} \cdot 3 = 2,4 \text{ хв}$$

Для свердління двох отворів глибиною 40 мм в операції 050 запропоновано використати вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф2, вибираємо свердло діаметром 8 мм зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 10902-77 з циліндричним хвостовиком.

Визначаємо глибину різання за формулою (1.46):

$$t = 0,5D; \quad (1.46)$$

де D – діаметр отвору.

$$t = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу s , мм/об за [5, табл. 24] та коригуємо за паспортом верстата:

$$s = 0,14 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.47):

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot sy}} \cdot K_v; \quad (1.47)$$

де T – період стійкості, обираємо за [5, табл. 30]

C_v , m , q , y – дрібні показники степенів, обираємо за [5, табл. 27];

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання та розраховується за формулою (1.48):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}; \quad (1.48)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюєми матеріал, розраховується за формулою (1.28)

K_{iv} – коефіцієнт на матеріал інструменту, [3, табл. 4], $K_{iv} = 1,0$;

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, [5, табл. 29], $K_{lv} = 0,85$.

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{655}\right)^{0,9} = 1,1$$

$$K_v = 1,1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,94$$

$$v_p = \frac{7 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,14^{0,7}} \cdot 0,94 = 31,4 \text{ м/хв}$$

Знаходимо частоту обертів інструмента за формулою (1.49):

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D}; \quad (1.49)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 31,4}{3,14 \cdot 8} = 1250 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата обираємо $n_{np} = 1000 \text{ об/хв}$

Уточнюємо швидкість різання:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000}; \quad (1.50)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,12 \text{ м/хв}$$

Крутний момент розраховуємо за формулою (1.51):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p; \quad (1.51)$$

Складові формул знаходимо за таблицями $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ [5, табл. 31];

$K_p = K_{mp}$ – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив якості оброблюваного матеріала на силові залежності, визначається за формулою (1.28):

$$K_{mp} = \left(\frac{655}{750}\right)^{0,75} = 0,9$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,14^{0,8} \cdot 0,9 = 4,12 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила розраховується за формулою (1.52):

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K^p; \quad (1.52)$$

Складові формул знаходимо за таблицями $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ [5, табл. 31];

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 8^1 \cdot 0,14^{0,7} \cdot 0,9 = 1236 \text{ Н}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою (1.53):

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{пр}}{9750}; \quad (1.53)$$

$$N_e = \frac{4,12 \cdot 1000}{9750} = 0,42 \text{ кВт}$$

Довжину робочого ходу визначаємо за формулою (1.36):

$$L_{p.x.} = 40 + 2 = 42 \text{ мм}$$

Основний час визначаємо за формулою (1.35):

$$t_0 = \frac{42}{0,14 \cdot 1000} \cdot 2 = 0,6 \text{ хв}$$

Перехід 2:

Для зенкерування двох отворів глибиною 40 мм в операції 045 запропоновано використати вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф2, вибираємо зенкер діаметром 10 мм зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 12489-71 з циліндричним хвостовиком.

Визначаємо глибину різання за формулою (1.54):

$$t = 0,5(D - d); \quad (1.54)$$

де D – діаметр отвору після обробки;
 d – початковий діаметр отвору.

$$t = 0,5 \cdot (10 - 8) = 1 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу s , мм/об за [5, табл. 25] та коригуємо за паспортом верстата:

$$s = 0,56 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.55):

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^{x \cdot sy}} \cdot K_v; \quad (1.55)$$

де T – період стійкості, обираємо за [5, табл. 30]
 C_v , m , q , y , t – дрібні показники степенів, обираємо за [5, табл. 28];
 K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання та розраховується за формулою (1.56):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \cdot K_{pv}; \quad (1.56)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюєми матеріал, розраховується за формулою (1.28)

K_{nv} – коефіцієнт на матеріал інструменту, [3, табл. 4], $K_{nv} = 1,0$;

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, [5, табл. 29], $K_{lv} = 0,85$;

K_{pv} – коефіцієнт на матеріал інструменту, [3, табл. 2], $K_{pv} = 1,0$;

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{655} \right)^{0,9} = 1,1$$

$$K_v = 1,1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,94$$

$$v_p = \frac{16,3 \cdot 10^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 1^{0,2} \cdot 0,56^{0,5}} \cdot 0,94 = 14,7 \text{ м/хв}$$

Знаходимо частоту обертів інструмента за формулою (1.49):

$$n = \frac{1000 \cdot 14,7}{3,14 \cdot 10} = 468 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата обираємо $n_{пр} = 355 \text{ об/хв}$

Уточнюємо швидкість різання за формулою (1.50):

$$v = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 355}{1000} = 11,15 \text{ м/хв}$$

Крутний момент розраховуємо за формулою (1.57):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p; \quad (1.57)$$

Складові формул знаходимо за таблицями $C_M = 0,09$; $q = 1,0$; $y = 0,8$; $x = 0,9$ [5, табл. 31];

де $K_p = K_{mp}$ – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив якості оброблюваного матеріала на силові залежності, визначається за формулою (1.33):

$$K_{mp} = \left(\frac{655}{750}\right)^{0,75} = 0,9$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 10^1 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,56^{0,8} \cdot 0,9 = 5,09 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила розраховується за формулою (1.58):

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K^p; \quad (1.58)$$

Складові формул знаходимо за таблицями $C_p = 67$; $x = 1,2$; $y = 0,65$ [5, табл. 31];

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 1^{1,2} \cdot 0,56^{0,65} \cdot 0,9 = 413,7 \text{ Н}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою (1.53):

$$N_e = \frac{5,09 \cdot 355}{9750} = 0,19 \text{ кВт}$$

Довжину робочого ходу визначаємо за формулою (1.36):

$$L_{p.x.} = 40 + 2 = 42 \text{ мм}$$

Основний час визначаємо за формулою (1.35):

$$t_0 = \frac{42}{0,56 \cdot 355} \cdot 2 = 0,42 \text{ хв}$$

Перехід 3:

Для зенкування двох отворів глибиною 1 мм в операції 045 запропоновано використати вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2, вибираємо зенковку

діаметром 12,5 мм з твердого сплаву Т15К6 ГОСТ 14953-80 з циліндричним хвостовиком.

Визначаємо глибину різання за формулою (1.54):

$$t = 0,5 \cdot (12,5 - 10) = 1,25 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу s , мм/об за [5, табл. 25] та коригуємо за паспортом верстата:

$$s = 0,56 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.55):

$$K_v = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1$$

$$v_p = \frac{16,3 \cdot 12,5^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 1,25^{0,2} \cdot 0,56^{0,5}} \cdot 1,1 = 17,6 \text{ м/хв}$$

Знаходимо частоту обертів інструмента за формулою (1.49):

$$n = \frac{1000 \cdot 17,6}{3,14 \cdot 12,5} = 448 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата обираємо $n_{\text{пр}} = 355 \text{ об/хв}$

Уточнюємо швидкість різання за формулою (1.50):

$$v = \frac{3,14 \cdot 12,5 \cdot 355}{1000} = 13,93 \text{ м/хв}$$

Крутний момент розраховуємо за формулою (1.57):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 12,5^1 \cdot 1,25^{0,9} \cdot 0,56^{0,8} \cdot 0,9 = 7,78 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила розраховується за формулою (1.58):

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 1,25^{1,2} \cdot 0,56^{0,65} \cdot 0,9 = 540,7 \text{ Н}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою (1.53):

$$N_e = \frac{7,78 \cdot 355}{9750} = 0,28 \text{ кВт}$$

Довжину робочого ходу визначаємо за формулою (1.36):

$$L_{p.x.} = 1 + 2 = 3 \text{ мм}$$

Основний час визначаємо за формулою (1.35):

$$t_0 = \frac{3}{0,56 \cdot 355} \cdot 2 = 0,03 \text{ хв}$$

Режими різання для інших операцій наведено у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Сводна таблиця режимів різання

№ оп.	Найменування переходу	Зміст переходів	Обладнання	t, мм	Режими різання			t ₀ , хв
					S, мм/хв	v, м/хв	n, хв ⁻¹	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Фрезерно-центрувальна	1) фрезерувати торці 1 та 12 одночасно; 2) центрувати 2 отвори.	Фрезерно-центрувальний МР-71М	2,6	0,15	205,8	712	-
				1,575	0,09	30,08	800	0,16
025	Токарна з ЧПК	1) точити поверхні 13, 17, 10, 16, 9, 8, 7 2) точити фаски 0,5х45°; 3х30° 3) точити поверхню 24	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	0,97	0,25	266,9	1000	2,25
				3,095	0,25	243,5	800	0,07
030	Токарна з ЧПК	1) точити поверхні 15, 5, 4, 19, 3, 2	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	1,7	1	159,3	500	0,6
035	Токарна з ЧПК	1) точити поверхні 15, 5, 4, 19, 3, 2 2) точити фаски 1,6х45°; 3х30°; 3х30° 3) точити поверхню 22, 23	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	0,397	0,25	331,4	1250	1,94
				0,728	0,25	302,6	1000	0,04

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
040	Фрезерувальна з ЧПК	1) фрезерувати поверхні 11, 14	Вертикально-фрезерний 6Т13	13	0,1	18,84	500	11,28
055	Зубофрезерна	1) фрезерувати зуби на поверхні 2	Зубофрезерний 53А50	9,45	2,5	77,3	160	0,89
060	Зубофрезерна	1) фрезерувати зуби на поверхні 5	Зубофрезерний 53А50	10,125	2,5	81,3	200	2,62
075	Шліфувальна	1) шліфувати поверхню 4	Кругло-шліфувальний 3М151	0,022	0,41	13,35	50	0,05
080	Шліфувальна	1) шліфувати поверхню 9	Кругло-шліфувальний 3М151	0,035	0,82	20,01	75	0,04
085	Зубошліфувальна	1) шліфувати зуби на поверхні 2	Зубошліфувальний 5А868	0,046	0,97	23,5	110	0,05
090	Зубошліфувальна	1) шліфувати зуби на поверхні 5	Зубошліфувальний 5А868	0,035	0,26	22,4	75	0,13

1.7 Технічне нормування операцій

Токарна операція з ЧПК 020

Основний час операції розраховуємо за формулою (1.59):

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3} + \dots + t_n; \quad (1.59)$$

де t_{o1} – основний час першого переходу, $t_{o1} = 1,24$.

$$t_o = 1,76 \text{ хв}$$

Допоміжний час операції розраховуємо за формулою (1.60):

$$t_b = t_{всп} = t_y + t_{сн} + t_{упр} + t_{Б.П.} + t_{Б.О.} + t_{контр}; \quad (1.60)$$

де $t_y = 0,24 \text{ хв}$ [6, карта 51, с. 138].

Час керування станком розраховуємо за формулою (1.61):

$$t_{упр} = t_{вкл} \cdot i + t_{перекл.подач} \cdot j + t_{перекл.частот} \cdot k + t_{огр.стор} \cdot m; \quad (1.61)$$

де $t_{вкл}$ – вмикання/вимикання верстата кнопкою, $t_{вкл} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,019 \text{ хв}$, [7, табл. 5.8, с. 202];

$t_{перекл.подач} = t_{перекл.частот}$ – час на перемикання частот та подач,

$t_{перекл.подач} = t_{перекл.частот} = 0,05 \text{ хв}$ [6, карта 61, с. 156];

$t_{огр.стор} = 0,15 \text{ хв}$ [6, карта. 61, с. 156].

$$t_{упр} = 0,019 \cdot 2 + 0,05 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 + 0,15 \cdot 2 = 0,438 \text{ хв}$$

Час прискореного руху розраховуємо за формулою (1.62):

$$t_{\text{уск.двиг.}} = t_{\text{Б.П.}} \cdot i + t_{\text{Б.О.}} \cdot i; \quad (1.62)$$

де $t_{\text{Б.П.}} = t_{\text{Б.О.}}$ – час на швидке підведення/швидке відведення інструмента,
 $t_{\text{Б.П.}} = t_{\text{Б.О.}} = 0,025 \cdot 1,85 = 0,046$ хв [7, табл. 5.8, с. 203].

$$t_{\text{уск.двиг.}} = 0,046 \cdot 1 + 0,046 \cdot 1 = 0,092 \text{ хв}$$

Час контролю розраховуємо за формулою (1.63):

$$t_{\text{контр}} = k \cdot t_{\text{к.п.}} \cdot i; \quad (1.63)$$

де k – коефіцієнт періодичності (якщо вимірюють 25% деталей), $k = 0,25$;

$t_{\text{к.п.}} = t_{\text{к.п.1}} + t_{\text{к.п.2}}$ – час контролю параметрів;

$t_{\text{к.п.1}}$ – норматив часу на вимірювання одного параметра скобою,

$t_{\text{к.п.1}} = 0,11 \cdot 1,85 = 0,204$ хв [7, табл. 5.12, с. 207];

$t_{\text{к.п.2}}$ – норматив часу на вимірювання одного параметра фасонним шаблоном, $t_{\text{к.п.2}} = 0,07 \cdot 1,85 = 0,13$ хв, [7, табл. 5.14, с. 208].

$$t_{\text{к.п.}} = 0,204 + 0,13 = 0,334 \text{ хв}$$

$$t_{\text{контр}} = 0,25 \cdot 0,334 \cdot 1 = 0,084 \text{ хв}$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{всп}} = 0,24 + 0,438 + 0,046 + 0,046 + 0,084 = 0,854 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою (1.64):

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{всп}}; \quad (1.64)$$

$$t_{\text{оп}} = 1,76 + 0,854 = 2,614 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховуємо за формулою (1.65):

$$t_{\text{пр}} = (t_o + t_{\text{всп}})(\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{отд}}) = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma}; \quad (1.65)$$

де α_{Σ} – норма часу на технічне та організаційне обслуговування верстата, відпочинок та особисті потреби, $\alpha_{\Sigma} = 6\% = 0,06$; [7, табл. 6.1, с. 214].

$$t_{\text{пр}} = 2,614 \cdot 0,06 = 0,157 \text{ хв}$$

Штучний час розраховуємо за формулою (1.66):

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{всп}} + t_{\text{пр}}; \quad (1.66)$$

$$t_{\text{шт}} = 1,76 + 0,854 + 0,157 = 2,771 \text{ хв}$$

Норма підготовчо-завершального часу розраховуємо за формулою (1.67):

$$t_{\text{п-з}} = t_{\text{п-з1}} + t_{\text{п-з3}}; \quad (1.67)$$

де $t_{\text{п-з1}}$ – норматив часу на налагодження станка, інструмента та пристосування, $t_{\text{п-з1}} = 7 \text{ хв}$, [7, табл. 6.3, стр. 216];

$t_{\text{п-з3}}$ – час на отримання інструментів та їх повернення, $t_{\text{п-з3}} = 10 \text{ хв}$, [7, табл. 6.3, стр. 216].

$$t_{\text{п-з}} = 7 + 10 = 17 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.68):

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n}; \quad (1.68)$$

$$t_{\text{шт-к}} = 2,771 + \frac{17}{95} = 2,95 \text{ хв}$$

Фрезерна операція 045

Основний час операції розраховуємо за формулою (1.59):

$$t_o = 2,4 \text{ хв}$$

Допоміжний час операції розраховуємо за формулою (1.60):

$$t_b = t_{\text{всп}} = 0,1 + 0,318 + 0,074 + 0,074 + 0,056 = 0,622 \text{ хв}$$

Час керування станком розраховуємо за формулою (1.61):

$$t_{\text{упр}} = 0,019 \cdot 2 + 0,04 \cdot 1 + 0,04 \cdot 1 + 0,1 \cdot 2 = 0,318 \text{ хв}$$

Час прискореного руху розраховуємо за формулою (1.62):

$$t_{\text{уск.двиг.}} = 0,074 \cdot 1 + 0,074 \cdot 1 = 0,148 \text{ хв}$$

Час контролю розраховуємо за формулою (1.63):

$$t_{\text{контр}} = 0,25 \cdot 0,223 \cdot 1 = 0,056 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою (1.64):

$$t_{\text{оп}} = 2,4 + 0,622 = 3,022 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховуємо за формулою (1.65):

$$t_{\text{пр}} = 3,022 \cdot 0,09 = 0,272 \text{ хв}$$

Штучний час розраховуємо за формулою (1.66):

$$t_{\text{шт}} = 2,4 + 0,622 + 0,272 = 3,29 \text{ хв}$$

Норма підготовчо-завершального часу розраховуємо за формулою (1.67):

$$t_{\text{п-з}} = 14 + 7 = 21 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.68):

$$t_{\text{шт-к}} = 3,29 + \frac{21}{95} = 3,51 \text{ хв}$$

Свердлильна операція з ЧПК 050

Основний час операції розраховуємо за формулою (1.59):

$$t_o = 0,6 + 0,42 + 0,03 = 1,05 \text{ хв}$$

Допоміжний час операції розраховуємо за формулою (1.60):

$$t_b = t_{\text{всп}} = 0,1 + 0,478 + 0,019 + 0,019 + 0,065 = 0,681 \text{ хв}$$

Час керування станком розраховуємо за формулою (1.61):

$$t_{\text{упр}} = 0,019 \cdot 2 + 0,04 \cdot 3 + 0,04 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 = 0,478 \text{ хв}$$

Час прискореного руху розраховуємо за формулою (1.62):

$$t_{\text{уск.двиг.}} = 0,019 \cdot 3 + 0,019 \cdot 3 = 0,114 \text{ хв}$$

Час контролю розраховуємо за формулою (1.63):

$$t_{\text{контр}} = 0,25 \cdot 0,26 \cdot 1 = 0,065 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою (1.64):

$$t_{\text{оп}} = 1,05 + 0,681 = 1,731 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховуємо за формулою (1.65):

$$t_{\text{пр}} = 1,731 \cdot 0,055 = 0,095 \text{ хв}$$

Штучний час розраховуємо за формулою (1.66):

$$t_{\text{шт}} = 1,05 + 0,681 + 0,095 = 1,826 \text{ хв}$$

Норма підготовчо-завершального часу розраховуємо за формулою (1.67):

$$t_{\text{п-з}} = 4 + 5 = 9 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.68):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,826 + \frac{9}{95} = 1,92 \text{ хв}$$

Норми часу для інших операцій наведено у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Сводна таблиця нормування операцій та норм часу

№ оп.	Найменування переходу	t_o , ХВ	$t_{упр}$, ХВ	$t_{уск.двиг}$, ХВ	$t_{контр}$, ХВ	$t_{всп}$, ХВ	$t_{оп}$, ХВ	$t_{пр}$, ХВ	$t_{шт}$, ХВ	$t_{п-з}$, ХВ	$t_{шт-к}$, ХВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
015	Фрезерно- центрувальна	0,16	0,498	0,296	0,167	0,913	1,073	0,097	1,17	25	1,43
025	Токарна з ЧПК	2,32	0,638	0,184	0,048	1,018	3,338	0,2	2,76	16	2,928
030	Токарна з ЧПК	0,6	0,288	0,092	0,051	0,671	0,84	0,05	1,32	16	1,49
035	Токарна з ЧПК	1,98	0,638	0,184	0,065	1,035	3,015	0,18	3,195	17	3,374
040	Фрезерувальна з ЧПК	11,28	0,318	0,146	0,06	0,624	11,904	1,071	12,97	21	13,191
055	Зубофрезерна	0,89	0,498	0,148	0,056	0,802	1,692	0,135	1,827	18	2,016
060	Зубофрезерна	2,62	0,498	0,148	0,056	0,802	3,422	0,274	3,696	18	3,885
075	Шліфувальна	0,05	0,758	0,074	0,084	1,016	1,066	0,053	1,119	8	1,2
080	Шліфувальна	0,04	0,758	0,074	0,084	1,016	1,056	0,042	1,098	8	1,18
085	Зубошліфувальна	0,05	0,818	0,148	0,074	1,14	1,19	0,05	1,24	180	3,134
090	Зубошліфувальна	0,13	0,818	0,148	0,093	1,159	1,289	0,052	1,341	180	3,236

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Сучасний рівень технологічного розвитку вимагає обов'язкового використання обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК) під час проектування технологічних процесів обробки матеріалів різанням у серійному виробництві. Використання ЧПК значно підвищує продуктивність механічних операцій, покращує точність та якість виготовлення деталей. Числове програмне керування верстатом забезпечує точне управління рухом робочих органів за допомогою попередньо розробленої програми. Використання верстатів з ЧПК дозволяє мінімізувати втручання персоналу, що спрощує процес обробки і дозволяє використовувати менш кваліфікованих працівників. Крім того, обладнання з ЧПК має гнучкість у використанні і може бути застосоване для виготовлення різноманітних виробів за умови наявності відповідних керуючих програм.

Сучасні методи розробки керуючих програм у машинобудуванні включають три основні підходи: ручне програмування, програмування на стійці ЧПК та використання САМ-систем. Ручне програмування вимагає значної кількості часу і може бути виснажливим. Під час програмування на стійці ЧПК програми створюються шляхом введення даних безпосередньо на стійці з використанням клавіатури, дисплею, а також системи графічних інтерфейсів верстату. Третій метод, використання САМ-систем, дозволяє підняти рівень програмування верстатів з ЧПК на більш високий рівень порівняно з ручним програмуванням. САМ-системи дозволяють створювати керуючі програми для різного обладнання з ЧПК на основі одного базового принципу, автоматизують обробку та звільняють технолога-програміста від необхідності проводити математичні розрахунки вручну. Для розробки керуючих програм з використанням САМ-систем технолог-програміст використовує персональний комп'ютер.

Для обробки піввісі на верстаті, обладнаному ЧПК, виконується відповідна розробка керуючої програми з використанням програмного комплексу Siemens NX CAM.

Результати програмної розробки зображені на рисунку 1.8.

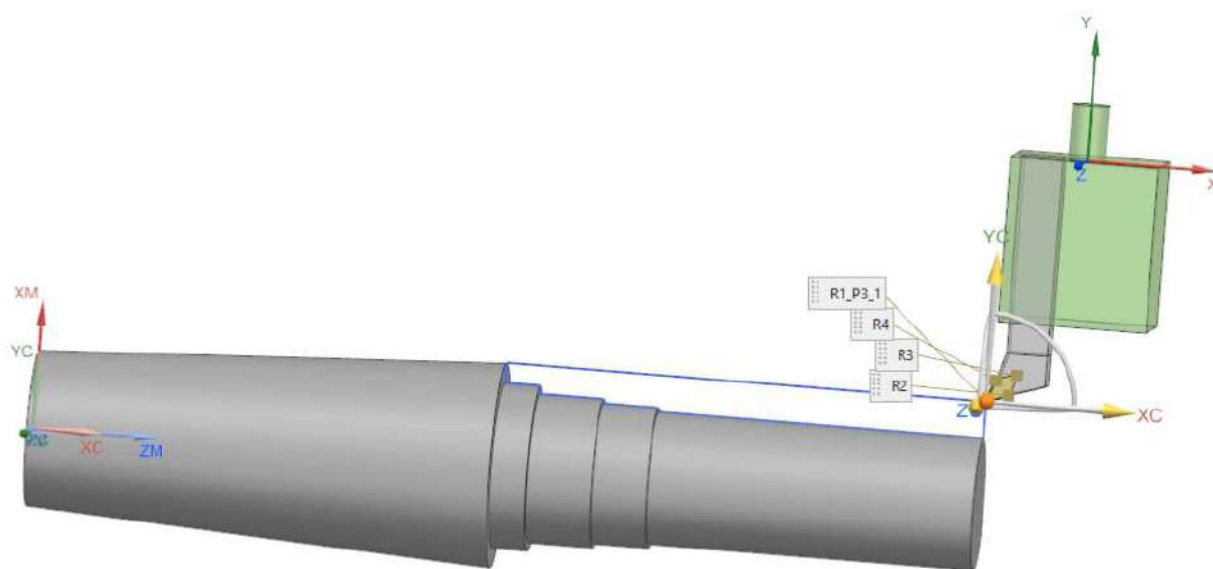


Рисунок 1.4 – Різальний інструмент

Резец Токарный

Адаптер Трассировка Больше

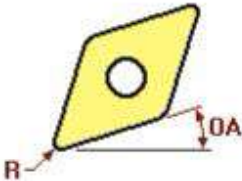
Инструмент Держатель

▼ Режущая вставка

Форма вставки n D (Ромб 55) ▼

Позиция вставки  Верхняя сторона ▼

▼ Легенда



▼ Размеры

Угол при вершине 55.0

(R) Радиус при вершине 0.8000

(OA) Угол ориентации 17.5000

▼ Размер вставки

Измерение Режущая кромка ▼

Длина 15.0000

► Больше

▼ Описание

Резец токарный

Материал : CARBIDE 

▼ Номера

Номер инструмента 0

► Информация

► Библиотека

▼ Просмотр

OK Отмена

Рисунок 1.5 – Характеристики режущего инструмента

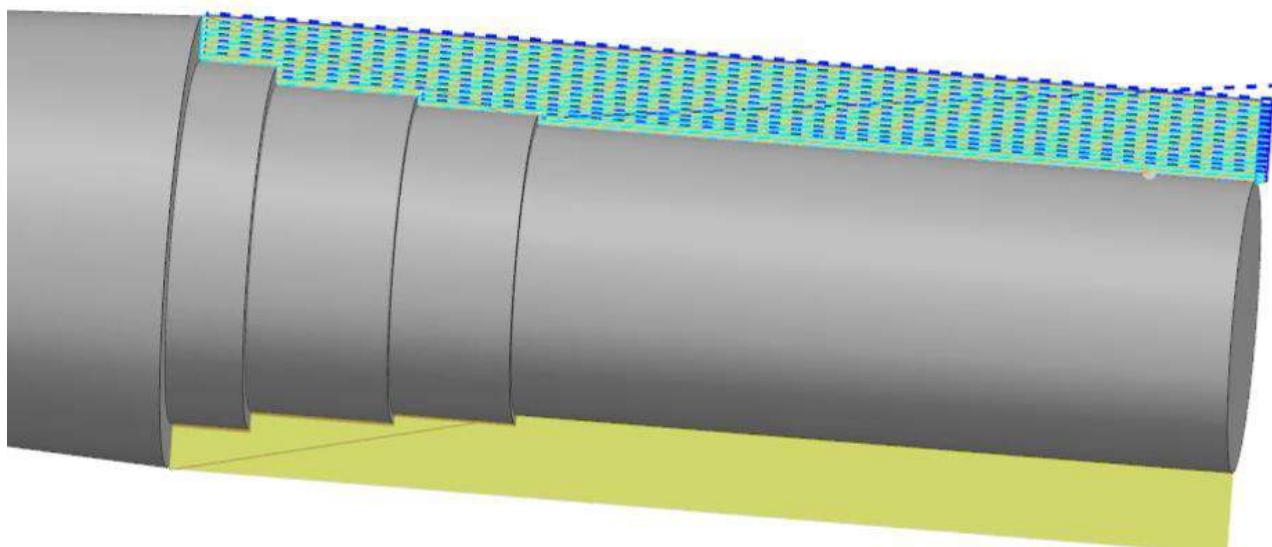


Рисунок 1.6 – Траєкторія обробки операції 020

```

N10 G18 G21 G95 G90
(ROUGH_TURN , TOOL : OD_55_L)
()

N12 T00 M6
N14 G53
N16 S49 M4
N18 G18 G0 G90 G94 X0. Z-579.61
N20 G92 S1500
N22 G96 S180 M4
N24 Z-577.95
N26 G1 Z-577.15 F250.
N28 Z-283.5
N30 Z-284.066
N32 G0 Z-577.95
N34 G1 Z-577.15
N36 Z-283.5
N38 Z-284.066
N40 G0 Z-577.95
N42 G1 Z-577.15
N44 Z-283.5
N46 Z-284.066
N48 G0 Z-577.95
N50 G1 Z-577.15
N52 Z-283.5
N54 Z-284.066
N56 G0 Z-577.95
N58 G1 Z-577.15
N60 Z-283.5
N62 Z-284.066
N64 G0 Z-577.95
N66 G1 Z-577.15
N68 Z-283.5
N70 Z-284.066
N72 G0 Z-577.95
N74 G1 Z-577.15
N76 Z-283.5
N78 Z-284.066
N80 G0 Z-577.95
N82 G1 Z-577.15

N84 Z-304.8
N86 Z-305.366
N88 G0 Z-577.95
N90 G1 Z-577.15
N92 Z-304.8
N94 Z-305.366
N96 G0 Z-577.95
N98 G1 Z-577.15
N100 Z-304.8
N102 Z-305.366
N104 G0 Z-577.95
N106 G1 Z-577.15
N108 Z-344.1
N110 Z-344.666
N112 G0 Z-577.95
N114 G1 Z-577.15
N116 Z-344.1
N118 Z-344.666
N120 G0 Z-577.95
N122 G1 Z-577.15
N124 Z-377.45
N126 Z-378.016
N128 G0 Z-577.95
N130 G1 Z-577.15
N132 Z-377.45
N134 Z-378.016
N136 G0 Z-579.61
N138 M5
N140 M2

```

Рисунок 1.7 – Керуюча програма операції 020

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

Технологічні пристосування використовуються на різних етапах виробництва для забезпечення правильного розташування та надійної фіксації деталей і вузлів. Їх застосування допомагає підвищити продуктивність та точність обробки, монтажу та контролю, поліпшити умови праці робітників, регламентувати тривалість операцій і зменшити ризик аварій. Використання таких пристосувань також розширює можливості універсальних верстатів. При виборі відповідних пристосувань враховуються виробничі та технологічні фактори, такі як тип виробництва, програма випуску, розміри оброблюваних деталей та їх технічні вимоги. Залежно від типу верстатів, що використовуються, пристосування можуть бути токарними, фрезерними, свердлильними, шліфувальними тощо. Далі пристосування поділяються на спеціалізовані, переналагоджувальні та універсальні. Щодо ступеня механізації та автоматизації, робочі пристосування можуть бути автоматичними, напівавтоматичними, механізованими або ручними, залежно від рівня їх універсальності та необхідності ручної праці. При виборі робочих пристосувань для конкретних технологічних операцій керуються такими факторами, як серійність, точність та конструктивні особливості деталей, на які розробляється відповідна технологія.

Планування технологічних процесів з використанням верстатів, оснащених системами ЧПК, потребує уважного врахування різноманітних аспектів, таких як вибір пристосувань, інструменту, базування деталей, параметри різання, послідовність операцій та нормування. Особливості обробки деталей на верстатах з ЧПК пов'язані з тим, що точність розмірів забезпечується відносно початку відліку координатної системи верстата, у відмінну від універсальних верстатів, де точність виготовлення пов'язана з технологічними базами.

Основою базування деталей для обробки на верстатах з ЧПК є правильний вибір систем координат. У виробничих процесах, що базуються на використанні верстатів з ЧПК, зазвичай вирізняють такі системи координат: система координат верстата, система координат деталі та система координат інструменту, що використовується в даній технологічній операції.

Незважаючи на велику різноманітність робочих пристосувань за їхньою конструкцією, можливо виділити спільні конструктивні елементи за їх технологічним призначенням. Структура таких пристосувань може включати встановлювальні елементи, елементи для закріплення заготовок, елементи, які керують напрямком руху різального інструменту, а також поворотні й дільні механізми.

Встановлювальні компоненти визначають орієнтацію деталі у просторі під час виконання технологічних операцій. Їх можна розділити на основні та допоміжні за їхніми функціональними характеристиками. До основних встановлювальних елементів належать опорні пластини, призми та інші, які забезпечують орієнтацію заготовки та її базування згідно з принципом "шести крапок". Цей принцип передбачає наявність шести жорстких опорних точок, що прибирають заготовку шести ступенів вільності. Допоміжні встановлювальні елементи використовуються для підвищення жорсткості деталі при її монтажі у відповідному пристрої. При цьому їх використання ґрунтується на умові уникнення можливого порушення положення деталі, що встановлено при базуванні за допомогою основних встановлювальних елементів.

Для досягнення нульової похибки під час базування деталі у робочому пристрої, ми керуємось принципом поєднання баз, де конструкторська база використовується як технологічна або вимірювальна. Якщо цей принцип порушується під час базування, це призводить до появи похибки базування.

Базування циліндричних тіл, до яких належить, наприклад, піввісь, в технологічних операціях, що не потребують обертання деталі, зазвичай виконується за допомогою призми. Призма - це встановлювальний елемент

пристрою, робоча поверхня якого має форму паза, створеного двома площинами з відповідним кутом нахилу, який зазвичай дорівнює 90° .

Для технологічного процесу виготовлення деталі піввісь у середньо-серійному виробництві передбачається використання спеціалізованих переналагоджувальних робочих пристроїв, які забезпечують надійне базування та закріплення близьких за конфігурацією заготовок, різні за розміром.

Використання нерозбірних спеціальних пристроїв передбачається лише у випадках, коли жоден з універсальних переналагоджуваних пристроїв не підходить для здійснення певної технологічної операції. У середньо-серійному виробництві піввісей для підвищення продуктивності фрезерної операції можна використовувати робочі пристрої з гідравлічним приводом.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Завдяки своїй високій продуктивності, різноманітним конструкціям, економічності та простоті використання, пневмоциліндри знаходять широке застосування практично у всіх галузях промисловості.

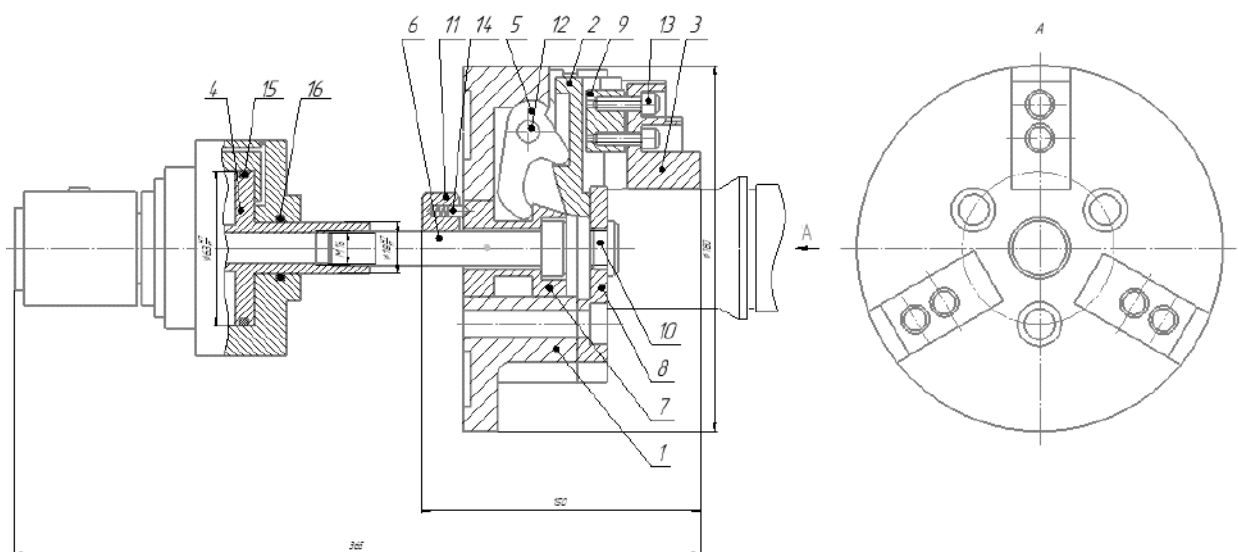


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

Трикулачковий патрон працює наступним чином: робочий встановлює деталь на кулачки 3 і вмикає пневмопривід патрона. При подачі стисненого повітря через муфту підведення повітря, а також клапани запобіжного пристрою, в штокову порожнину пневмоциліндра шток 4 разом з гвинтом переміщуються вліво. Кулачки патрона 3 переміщуються одночасно за допомогою диска 2, на одному боці якого є пази у формі архімедової спіралі, в яких розташовані нижні виступи кулачків, а на іншому боці - нарізане конічне зубчасте колесо, пов'язане з трьома зубчастими колесами. Внаслідок цього основні кулачки 3 опускаються, затискання деталі відбувається. Залежно від напрямку обертання диска, кулачки наближаються до центру патрона або віддаляються від нього, затискаючи або відпускаючи деталь. Розтискання здійснюється при подачі стисненого повітря в заштокову порожнину пневмоциліндра. Кулачки виготовляють триступінчастими і для підвищення зносостійкості їх загартовують. Пристосування графічно зображено на кресленні.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Проведемо аналіз схем установки при точінні деталі на розміри $\varnothing 85^{+0,025}_{-0,033}$ та 30 мм, які ми повинні отримати відповідно до завдання. Розглянемо два способи закріплення деталі – у трьохкулачковому патроні та в центрах.

Розрахунок закріплення у патроні:

Схема установки заготовлі в трикулачковому патроні наведена на рисунку 2.2.

Розрахунок на точність полягає у визначенні розмірів настановних елементів та призначенні технічних вимог.

Величину допустимого биття оправки визначаємо за виразом:

$$T_{\delta.o.} \leq T_d - (k_1 \varepsilon_\delta + \varepsilon_3 + k_2 \omega), \quad (2.1)$$

де $T_{\delta.o.}$ – биття оправлення;

T_d – биття обробленої деталі, $T_d = 0,035$ мм;

$k_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівлі, обладнання, умов обробки та кількості установок заготівлі [8, табл. 82];

$$\varepsilon_{\text{баз}} = \frac{s_{\text{max}}}{2}; \quad (2.2)$$

$\varepsilon_{\text{зак}} = 0$ – похибка закріплення [8, табл. 76];

$k_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівлі, обладнання, умов обробки та кількості установок заготівлі [8, табл. 82];

$\omega = 0,1$ – економічна ступінь обробки [8, табл. 5.20].

При закріпленні в патроні $\varepsilon_{\text{баз}} = 0$ мм.

$$T_{\delta.o.} \leq 0,035 - (0,8 \cdot 0 + 0 + 0,6 \cdot 0,1) = -0,025 \text{ мм},$$

$$T_{\delta.o.} \leq 0,025 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\text{баз}} + \varepsilon_{\text{закр}}; \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_y = 0 + 0 = 0 \text{ мм}$$

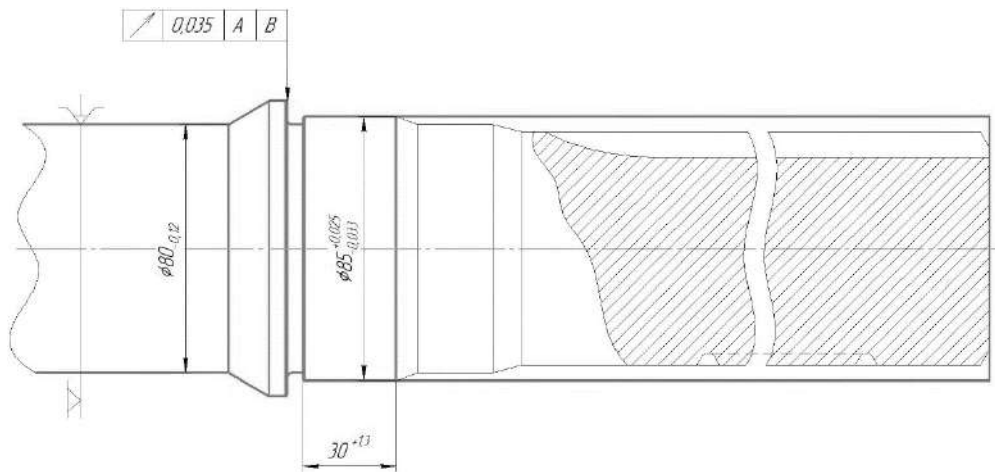


Рисунок 2.2 – Закріплення деталі у трьохкулачковому патроні

Розрахунок закріплення деталі у центрах:

$$T_{\delta.o.} \leq T_d - (k_1 \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_z + k_2 \omega),$$

де $T_{\delta.o.}$ – биття оправлення;

T_d – биття обробленої деталі, $T_d = 0,035$ мм;

$k_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівлі, обладнання, умов обробки та кількості установок заготівлі [8, табл. 82];

$$\varepsilon_{\text{баз}} = \frac{(85,025 - 84,967)}{2} = 0,029 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{\text{зак}} = 0,5$ – похибка закріплення [8, табл. 76];

$k_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівлі, обладнання, умов обробки та кількості установок заготівлі [8, табл. 82];

$\omega = 0,1$ – економічна ступінь обробки [8, табл. 5.20].

$$T_{\delta.o.} \leq 0,035 - (0,8 \cdot 0,029 + 0,5 + 0,6 \cdot 0,1) = -0,5482 \text{ мм},$$

$$T_{\delta.o.} \leq 0,5482 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_y = 0,029 + 0,5 = 0,529$$

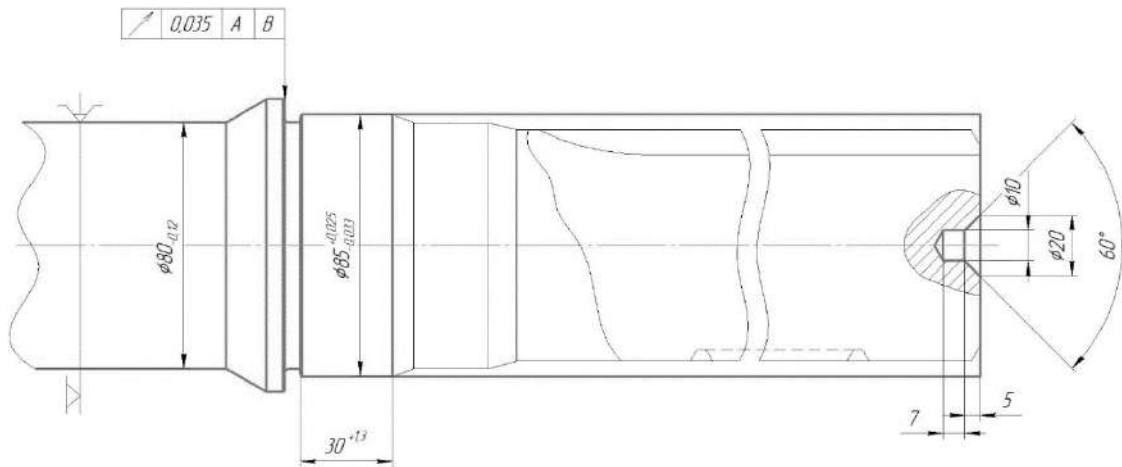


Рисунок 2.3 – Закріплення деталі у центрах

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Циліндрична заготовка, що встановлена в трьохкулачковому патроні під дією сил різання при точінні намагається повернутися навколо осі, зміститися уздовж осі і вивертися з кулачків.

Повороту заготовки під дією моменту сили протидіє момент сил тертя, що виникає в місцях контакту кулачків з поверхнею оброблюваної заготовки.

Умова рівноваги заготовки в даному випадку буде записано наступним чином:

$$k \cdot P_z \cdot \frac{D_0}{2} - 3 \cdot Q \cdot f_0 \cdot \frac{D}{2} = 0$$

Звідси сила закріплення заготовки одним кулачком:

$$Q = \frac{k \cdot P_z \cdot D_0}{3 \cdot f_0 \cdot D}, \quad (2.4)$$

де k - коефіцієнт запасу;
 P_z - окружна сила різання;
 f_0 – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків,
 $f_0 = 0,25$ [9, 2.3];
 D_0 - діаметр затискної поверхні, $D_0 = 80$ мм;
 D - діаметр оброблюваної поверхні, $D = 85$ мм;
Коефіцієнт запасу визначається по формулі:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5; \quad (2.5)$$

де k_0 - габаритний коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$;
 k_1 - коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовок для групової обробки, $k_1 = 1,2$;
 k_2 - коефіцієнт, враховуючий збільшення сили різання від затуплення ріжучого інструмента, $k_2 = 1$;
 k_3 - коефіцієнт, враховуючий умови обробки при переривчастим різанні, для безперервної поверхні $k_3 = 1$;
 k_4 - коефіцієнт, враховуючий постійність сили затиску, що розвивається силовим приводом пристосування, для пневмопривода $k_4 = 2$;
 k_5 - коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути оброблюєму деталь, $k_5 = 1,5$.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,7$$

тоді

$$Q = \frac{2,7 \cdot 215 \cdot 80}{3 \cdot 0,25 \cdot 85} = 728,5 \text{ Н}$$

Зсуву заготовки в напрямку її осі протидіють сили тертя в місцях контакту кулачків з поверхнею заготовки. Рівняння рівноваги сил в цьому випадку:

$$3Q \cdot f_0 - k \cdot P_X = 0$$

Звідси:

$$Q = \frac{k \cdot P_X}{3 \cdot f_0}, \quad (2.6)$$

$$Q = \frac{2,7 \cdot 66}{3 \cdot 0,25} = 237,6 \text{ Н}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 обираю приблизний діаметр штока $d = 18$ мм.

Для розрахунку силового приводу пристосування приймаємо максимальне значення сили закріплення заготовки, розраховане в попередньому пункті.

Необхідна сила на штоку пневматичного циліндра забезпечує затиск заготовки за допомогою трьохкулачкового патрона, знаходиться за формулою:

$$W = 3 \cdot k_1 \cdot \left(1 + 3 \cdot \frac{\mu}{h}\right) \cdot l \cdot \frac{Q_{max}}{l_1}, \quad (2.7)$$

де $k_1 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує сили тертя в рухомих з'єднаннях патрона [9, 2.3];

$\mu = 0,2$ – коефіцієнт тертя між кулачками та пазами корпусу патрона [9, 2.3];

h – довжина прямої частини кулачка в корпусі патрону;

$l = 75$ мм - довжина плеча, відстань між кріпильними отворами патрона;

$l_1 = 200$ мм - довжина плеча, відстань від лівого торця патрона до правого торця кулачків.

$$W = 3 \cdot 1,5 \cdot \left(1 + 3 \cdot \frac{0,2}{70}\right) \cdot 52 \cdot \frac{728,5}{200} = 859,65 \text{ Н}$$

Тоді діаметр пневматичного циліндра буде:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \quad (2.8)$$

де p – тиск стисненого повітря у системі ($p = 0,4$ МПа) [9, 2.3];

η – коефіцієнт корисної дії пневмопривода ($\eta = 0,85$) [9, 2.3];

$d = 18$ мм – діаметр штока поршня.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 859,65}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85} + 0,018^2 \cdot 1000} = 59,5 \text{ мм}$$

Обираю найближчий більший діаметр циліндра за ГОСТ 15608-81: $D = 63$ мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція контрольного пристосування

Сучасна промисловість, яка характеризується високими стандартами точності, якості та естетичності виробів, потребує впровадження відповідних заходів для забезпечення технологічного контролю. Використання універсальних вимірювальних інструментів може здатися простим рішенням, але в умовах середньо-серійного та масового виробництва воно може бути неефективним та не завжди забезпечувати необхідну точність і зручність контролю.

Контрольні пристосування призначені для контролю якості виконання технологічних операцій з обробки заготовок, деталей і вузлів машин. Використання контрольних пристосувань у технологічному процесі повинно

забезпечити можливість уникнення перевищення допустимої похибки виміру, яка знаходиться в межах 8-30% поля допуску на розмір, який контролюється.

Оскільки сучасні вимоги до точності продукції є високими, необхідно впроваджувати відповідні заходи, такі як вибір контрольних пристосувань з використанням вимірників високої чутливості та правильний вибір схеми та конструкції пристосувань.

Бажано, щоб похибка вимірювання, яка представляє собою різницю між показниками контрольного пристрою та фактичним значенням вимірюваної величини, була мінімальною. Однак не завжди доцільно з економічної та технологічної точки зору прагнути до надмірної точності виміру. Занадто висока точність зазвичай призводить до складності та зростання вартості контрольного пристрою, а також зниження його продуктивності, що неприйнятно при великих обсягах виробництва та великих розмірах контрольованих деталей.

Основними вимогами до контрольних пристроїв є забезпечення необхідної точності та продуктивності контрольних операцій, простота та надійність пристроїв, їх зручність та ергономічність у використанні при тривалій роботі, враховуючи серійність виробу.

Конструктивно контрольні пристрої можна розділити на наступні складові елементи: настановчі, затискні, вимірювальні та допоміжні елементи, які утворюють єдиний контрольний пристрій.

Елементи, на яких деталь, що підлягає контролю, фіксується своїми вимірювальними базами під час виконання відповідної контрольної операції відносно вимірювального пристрою, називають настановчими. Для забезпечення мінімальної похибки використовують опори з сферичними та плоскими головками, опорні пластини, відповідні сектори та кільця, що обумовлено фактичною конфігурацією бази деталі в плані.

Для забезпечення тісного контакту між настановчими базами деталі та опорами пристрою в контрольних пристроях та для уникнення її зсуву відносно вимірювального пристрою застосовують затискні пристрої. Ці затискні пристрої

можуть бути ручними, такими як спеціальні гвинти, важелі, пружини та ексцентрики, або пристроями з пневматичним або гідравлічним приводами.

Вимірювальні пристрої контрольних пристроїв поділяються на граничні та відлікові. Граничні вимірювальні пристрої не надають числових значень вимірюваних величин, а розподіляють контрольовані деталі на якісні, брак по перевищенню нижнього допуску та брак по перевищенню верхнього допуску. Відлікові вимірювальні пристрої вказують на величину розміру деталі з певною точністю. Прикладами відлікових пристроїв є індикатори з важільною або зубчастою передачею, які забезпечують точність вимірювання до 0,001 мм.

Допоміжні пристрої контрольних пристроїв мають різне призначення в залежності від виду вимірювань. Це можуть бути різноманітні поворотні столи, повзуни та інші пристрої.

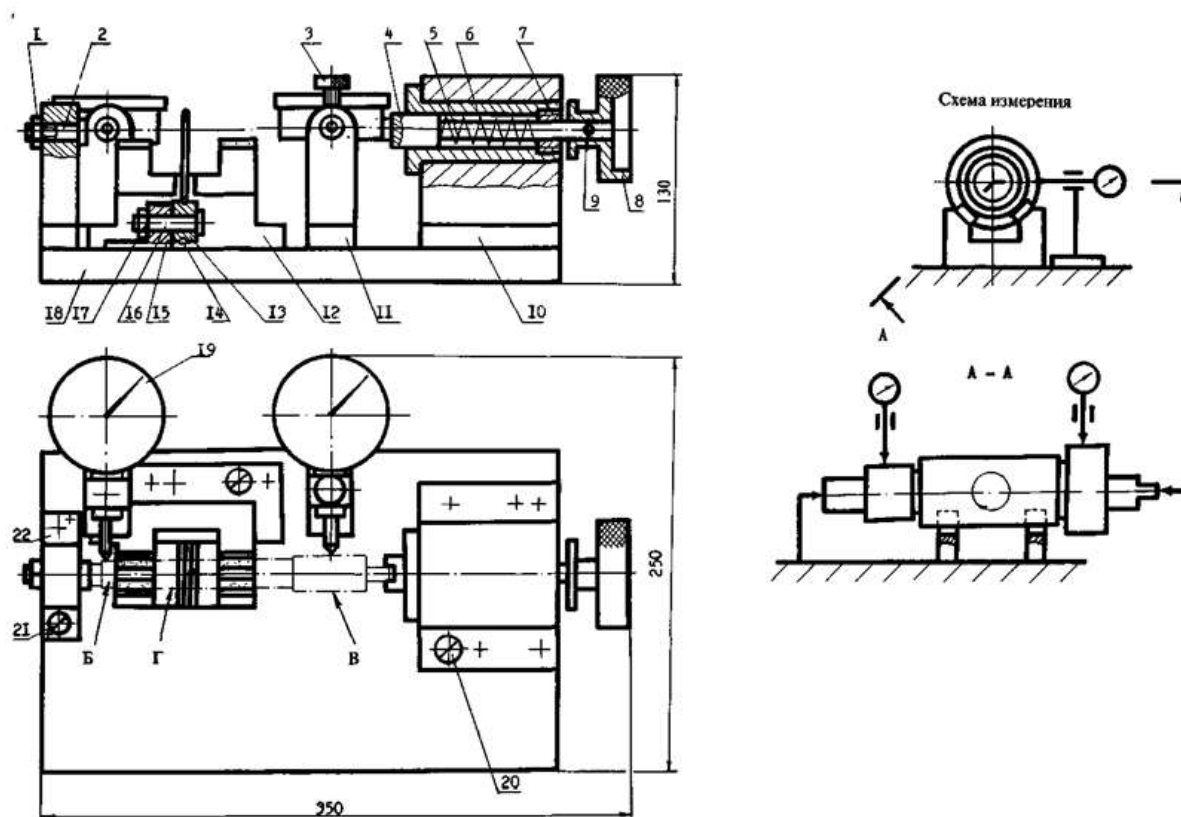
Під час виконання дипломної роботи з розробки технологічного процесу виготовлення піввісі ми розробимо контрольний пристрій для визначення фактичних параметрів деталі відповідно до технічних вимог, зазначених у кресленні.

Для перевірки відповідності технічним вимогам, зокрема допустимого радіального биття 0,035 зовнішньої циліндричної поверхні Ø85js7 (база А) відносно зовнішньої циліндричної поверхні Ø80_{-0,12} (база В), був спроектований контрольний пристрій.

Цей контрольний пристрій розроблений з метою забезпечення точного та надійного вимірювання цього параметра. Він складається з відповідних вимірювальних і фіксуючих елементів, які дозволяють правильно розмістити та закріпити деталь для вимірювання.

Контрольний пристрій розроблений таким чином, щоб забезпечити відповідність вимірюваних параметрів встановленим технічним вимогам. Його використання дозволить забезпечити виготовлення деталі з необхідною якістю та відповідністю вимогам замовника.

Ескіз контрольного пристрою показаний на рисунку 2.4.



1 - гайка, 2 - упор, 3 - гвинт, 4 - вісь, 5 - пружина, 6 - втулка, 7 - втулка, 8 - маховичок, 9 - штифт, 10 - задній кронштейн, 11 - стійка, 12 - призма, 13 - ролик, 14 - пружина, 15 - стійка, 16 - вісь, 17 - гайка, 18 - плита, 19 - ІГ, 20- штифт, 21 - гвинт, 22 - передній кронштейн

Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

2.2.2 Принцип роботи контрольного пристосування

Згідно з рисунком 2.4, піввісь базується на призмі 12, яка має в якості робочих поверхонь припаяні відбивні пластини, що значно підвищує стійкість призм до зношування, а отже, і точність базування перевіряючих валиків. Призма, а також передня кронштейн 22 з опорою 2, дві стійки 11 з вимірювальними головками (ВГ) 19, стійка 15 і задня кронштейн 10 закріплені на плиті 18 штифтами і гвинтами 20 і 21. Валик притискається до призми

пружиною 14 (виготовленою з проволочи), яка охоплює ролик 13 і контрольований деталь. Ролик обертається на вісі 16, закріплений гайкою 17 і встановлений на стійці 15. При обертанні маховика 8, який нерухомо закріплений за допомогою штифта 9 на вісі 4, валик приводиться в обертання завдяки тому, що він увіходить у жолоб вісі 4 з'єднувальної ступені, на якій встановлені дві пази. Крім того, вісь 4 пружиною 5 постійно притискає валик до опори 2, яка закріплена гайкою 1 у кронштейні 22. Вісь 4 з пружиною 5 і гайкою встановлені у гильзі 6, яка вкріплена в отвір кронштейна 10.

За одне встановлення на пристосуванні можна виміряти вал в двох перерізах одночасно двома вимірювальними головками (ВГ) 19, які закріплені на стійках 11 за допомогою гвинтів 3. Радіальне відхилення крайніх ступенів валика відносно середньої - базової визначається за різницею показань ВГ 19 при одному - двох обертах валика. Після перевірки маховик 8 з віссю 4 витягують з кронштейна 10, подолавши опір пружини 5, і видаляють валик. При добре налагодженому технологічному процесі радіальне відхилення ступенів валика можна перевіряти вибірково.

2.3 Розрахунок на міцність деталі піввісь

Для визначення найбільш вразливих з точки зору міцності деталі піввісі проведемо розрахунок на міцність. Розрахунок напружено-деформованого стану піввісі виконаємо за допомогою програми NX.

Тривимірна модель показана на рисунку 2.5.

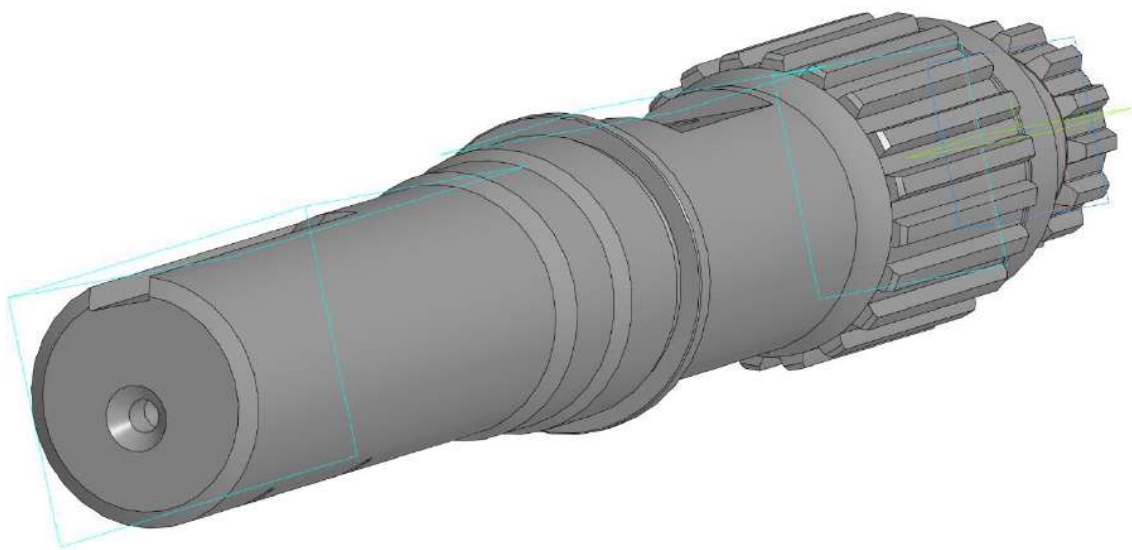


Рисунок 2.5 – Тривимірна модель піввісі

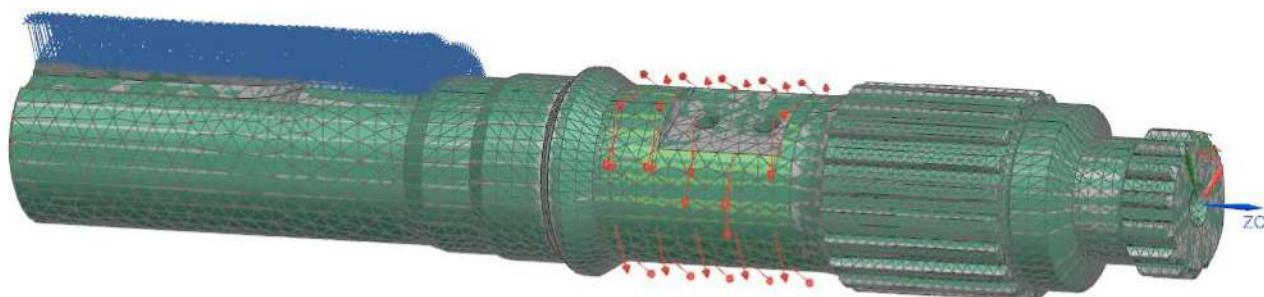


Рисунок 2.6 – Твердотільна сітка кінцевих елементів деталі піввісь

Після цього застосовуємо обмеження, які унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках. Результати розрахунку представлені на рисунку 2.7.

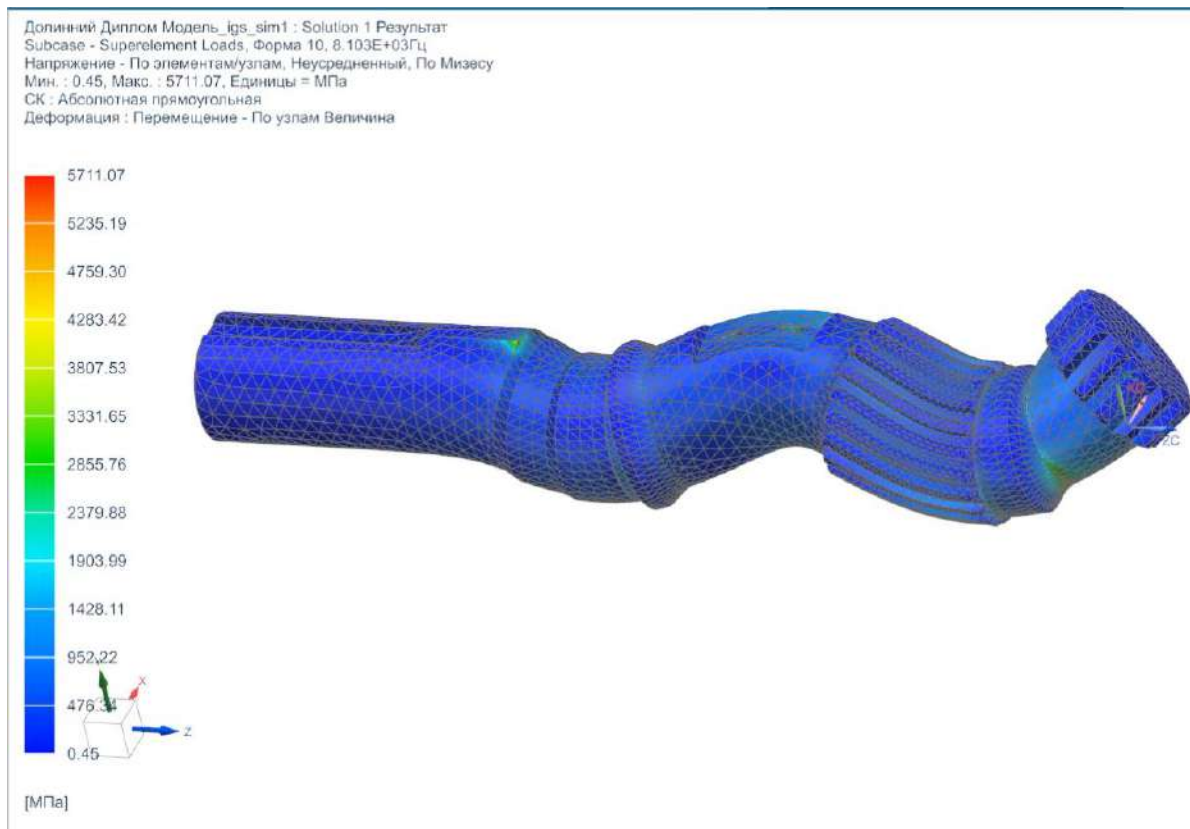


Рисунок 2.7 – Результат розрахунку напружено деформованого стану піввісі

Згідно з результатами розрахунку встановлено, що найбільш небезпечним перерізом є шийка $\varnothing 58$ мм та довжиною 24,5 мм. Для забезпечення відповідної працездатності та довговічності піввісі необхідно уникати перевантаження деталі, зокрема робочих поверхонь з мінімальними товщинами. Якщо передбачається експлуатація деталі при навантаженнях, що перевищують розрахункові, слід прийняти заходи щодо зміцнення відповідних поверхонь піввісі.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Визначення кількості обладнання на ділянці

Кількість верстатів для кожної операції розраховуємо за формулою (3.1):

$$Cp_i = \frac{t_{штi}}{\tau}; \quad (3.1)$$

де $t_{шт}$ – штучний час виконання і-тої операції, хв;

τ – такт виготовлення деталей, хв.

$$Cp_{015} = \frac{1,17}{71,74} = 0,016 \text{ шт}$$

$$Cp_{020} = \frac{2,771}{71,74} = 0,039 \text{ шт}$$

$$Cp_{025} = \frac{2,76}{71,74} = 0,038 \text{ шт}$$

$$Cp_{030} = \frac{1,32}{71,74} = 0,018 \text{ шт}$$

$$Cp_{035} = \frac{3,195}{71,74} = 0,045 \text{ шт}$$

$$Cp_{040} = \frac{12,97}{71,74} = 0,181 \text{ шт}$$

$$Cp_{045} = \frac{3,29}{71,74} = 0,045 \text{ шт}$$

$$Cp_{050} = \frac{1,826}{71,74} = 0,025 \text{ шт}$$

$$Cp_{055} = \frac{1,827}{71,74} = 0,025 \text{ шт}$$

$$Cp_{060} = \frac{3,696}{71,74} = 0,052 \text{ шт}$$

$$Cp_{075} = \frac{1,119}{71,74} = 0,016 \text{ шт}$$

$$Cp_{080} = \frac{1,098}{71,74} = 0,015 \text{ шт}$$

$$Cp_{085} = \frac{1,24}{71,74} = 0,017 \text{ шт}$$

$$Cp_{090} = \frac{1,341}{71,74} = 0,019 \text{ шт}$$

Отримані значення скругляються до ближчого більшого цілого числа:

$$Cn_{015} = 1; Cn_{020} = 1; Cn_{025} = 1; Cn_{030} = 1; Cn_{035} = 1; Cn_{040} = 1; Cn_{045} = 1; Cn_{050} = 1; Cn_{055} = 1; Cn_{060} = 1; Cn_{075} = 1; Cn_{080} = 1; Cn_{085} = 1; Cn_{090} = 1$$

Коефіцієнт завантаження верстатів на заданій операції розраховуємо за формулою (3.2):

$$Kз_i = \frac{Cp_i}{Cn_i}; \quad (3.2)$$

$$Kз_{015} = \frac{0,016}{1} = 0,016$$

$$Kз_{020} = \frac{0,039}{1} = 0,039$$

$$Kз_{025} = \frac{0,038}{1} = 0,038$$

$$Kз_{030} = \frac{0,018}{1} = 0,018$$

$$Kз_{035} = \frac{0,045}{1} = 0,045$$

$$Kз_{040} = \frac{0,181}{1} = 0,181$$

$$Kз_{045} = \frac{0,045}{1} = 0,045$$

$$Kз_{050} = \frac{0,025}{1} = 0,025$$

$$Kз_{055} = \frac{0,025}{1} = 0,025$$

$$K_{3060} = \frac{0,052}{1} = 0,052$$

$$K_{3075} = \frac{0,016}{1} = 0,016$$

$$K_{3080} = \frac{0,015}{1} = 0,015$$

$$K_{3085} = \frac{0,017}{1} = 0,017$$

$$K_{3090} = \frac{0,019}{1} = 0,019$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів розраховуємо за формулою (3.3):

$$K_{3cp} = \frac{\sum Cp}{\sum Cn}; \quad (3.3)$$

$$K_{3cp} = \frac{0,534}{14} = 0,04$$

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Собівартість використання нового пристосування розраховується за формулою (4.1):

$$C_a = Z_a \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right); \quad (4.1)$$

де Z_a – заробітна плата робітника за одну деталь для нового пристосування, грн;

H – цехові накладні витрат у % до заробітної плати, H =від 200% до 300% [10, с. 29];

S_a – витрати на виготовлення нового пристосування, рахується за формулою, грн;

Π – річна програма випуску деталей, шт.;

A – строк амортизації пристосування в роках, $A = 3$ [10, с. 28];

q – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань у % від їх вартості, [10, с. 29].

Заробітна плата робітника за одну деталь для нового пристосування розраховуємо за формулою (4.2):

$$Z = t_{\text{шт}} \cdot Z_{\text{хв}}; \quad (4.2)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучно–калькуляційний час, хв;

$Z_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника, грн [10, табл. А.1, с. 32].

$$Z = 2,76 \cdot 0,96 = 2,65 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення нового пристосування, розраховуємо за формулою (4.3):

$$S = C_{\Pi} \cdot N; \quad (4.3)$$

де C_{Π} – затрати на одну деталь пристосування, грн [10, с. 28];

N – кількість деталей в пристосуванні, шт.

$$S = 150 \cdot 22 = 3300 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією нового пристосування розраховуємо за формулою (4.4):

$$q = S \cdot 20\%; \quad (4.4)$$

$$q = 3300 \cdot 20\% = 660 \text{ грн}$$

$$C_a = 2,65 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{3300}{5000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{660}{100}\right) = 13,85 \text{ грн}$$

Собівартість використання старого пристосування розраховується за формулою (4.5):

$$C_B = Z_B \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_B}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right); \quad (4.5)$$

де Z_B – заробітна плата робітника за одну деталь для старого пристосування, грн.

S_B – витрати на виготовлення старого пристосування, грн.

Заробітна плата робітника за одну деталь для старого пристосування розраховуємо за формулою (4.2):

$$Z = 2,76 \cdot 1,41 = 3,89 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення старого пристосування, розраховуємо за формулою (4.3):

$$S = 75 \cdot 11 = 825 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією старого пристрою розраховуємо за формулою (4.4):

$$q = 825 \cdot 20\% = 165 \text{ грн}$$

$$C_B = 3,89 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{825}{5000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{165}{100}\right) = 14,05 \text{ грн}$$

Для визначення більш вигідного пристосування, скористуємося формулою (4.6):

$$P_K = \frac{(S_a - S_B) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(3_B - 3_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)}; \quad (4.6)$$

$$P_K = \frac{(3300 - 825) \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{660}{100}\right)}{(3,89 - 2,65) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right)} = 3954 \text{ шт}$$

Отриманий розрахунок показав, що при виробництві 5000 штук деталей піввісь використання нового пристрою з пневмоприводом є більш вигідним, оскільки $P = 5000 > P_K = 3954$, роблячи цей варіант економічно більш вигідним.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Запобігання травматизму на робочому місці

Травматизм на робочому місці є серйозною проблемою, з якою стикаються промислові підприємства, зокрема в галузі машинобудування. Цей випадок потребує ретельного аналізу та вжиття ефективних заходів для запобігання та зменшення кількості подібних інцидентів. Дослідження травматизму на робочому місці в машинобудуванні важливе для покращення умов праці та забезпечення безпеки працівників.

За даними Міжнародної організації праці (МОП), машинобудування є однією з галузей, де ризик травматизму на робочому місці залишається високим. У багатьох країнах, де машинобудування є ключовою промисловістю, статистика травматизму на робочому місці залишається досить тривожною. Наприклад, за даними Національного інституту з охорони праці та охорони здоров'я праці України, у 2023 році в машинобудуванні було зафіксовано більше 3000 травматичних подій.

Травматизм на робочому місці в машинобудуванні виникає з різних причин, серед яких недотримання правил безпеки, несправність обладнання, недостатня кваліфікація персоналу та недбале ставлення до безпеки на роботі.

Однією з основних причин травматизму є висока автоматизація та використання складних механічних пристроїв, що потребують великої уваги та точності при експлуатації та недостатня увага до безпеки при взаємодії з механічними пристроями та обладнанням. Відсутність правильної інструкції щодо використання обладнання та невміння правильно обходитися з ним можуть призвести до серйозних травм. Іншою причиною може бути відсутність систематичної перевірки та технічного обслуговування обладнання. Відкладене або неправильно проведене обслуговування може призвести до виникнення аварійних ситуацій та травматичних інцидентів.

Недостатня кваліфікація персоналу також може призвести до нещасних випадків. Відсутність достатньої підготовки з питань безпеки та навичок роботи з обладнанням може стати причиною травм.

Причини травматизму на робочому місці в машинобудуванні можна розглядати з різних точок зору. Однією з них є недостатня увага до безпеки з боку керівництва підприємства. Якщо управління не приділяє належної уваги розробці та впровадженню програм безпеки, то працівники можуть не мати необхідних знань та інструкцій для безпечної роботи з обладнанням. Брак систематичних інструктажів та тренінгів щодо безпеки може призвести до збільшення кількості травматичних подій.

Іншою причиною може бути застосування застарілого обладнання та технологій. Старі верстати та механізми, які не відповідають сучасним стандартам безпеки, можуть становити значну загрозу для працівників. Недбале ставлення до підтримки та модернізації обладнання може призвести до виникнення аварій та травматичних ситуацій.

Для попередження травматизму на робочому місці в машинобудуванні необхідно вжити ряд ефективних заходів. Один з таких заходів - це посилення контролю за дотриманням правил безпеки та впровадження систематичних навчань та інструктажів з цієї теми. Крім того, необхідно забезпечити регулярну перевірку та обслуговування обладнання, а також вжити заходів для модернізації застарілого обладнання.

Додатково, створення культури безпеки на підприємстві може бути ефективним засобом зменшення травматизму. Залучення персоналу до активної участі у програмах з безпеки, проведення бригадирських нарад та внутрішніх аудитів дозволить створити середовище, в якому безпека стає пріоритетом для всіх.

Також регулярна перевірка та технічне обслуговування обладнання є критично важливими для запобігання травматичних інцидентів. Застосування сучасних систем моніторингу та діагностики може сприяти виявленню потенційних проблем з обладнанням на ранніх стадіях.

Травматизм на робочому місці в машинобудуванні є серйозною проблемою, яка вимагає негайних заходів з її запобігання та зменшення. Посилення контролю за дотриманням правил безпеки, модернізація обладнання та створення культури безпеки на підприємстві - це лише деякі з можливих шляхів вирішення цієї проблеми. Тільки за умови спільних зусиль управління та працівників можна досягти значного зменшення кількості травматичних випадків і забезпечити безпечні умови праці на підприємстві машинобудування.

ВИСНОВОК

Під час написання дипломної роботи про розробку технологічного процесу виготовлення піввісі в умовах середньо-серійного виробництва, з річною програмою виготовлення 5000 штук, використано сучасний технологічний підхід. Цей підхід базується на принципах забезпечення виготовлення деталей високої якості при оптимальних витратах.

Для досягнення відповідного рівня технологічної розробки передбачено впровадження найбільш обґрунтованих та ефективних технічних рішень на кожному етапі. Наприклад, на етапі вибору виду та способу отримання заготовки розглядалося два варіанти методу обробки матеріалу тиском. За результатами розрахунків і відповідних обґрунтувань було обрано кривошипний гарячештампувальний прес. Вибір заготовки з високим коефіцієнтом використання металу та невеликими припусками дозволив впровадити прогресивний маршрут обробки з використанням верстатів, обладнаних системами комп'ютерного числового управління. Це зменшило витрати на придбання сталі та кількість операцій механічної обробки, а також спростило процес роботи робітників на металообробних верстатах, що в комплексі забезпечило зниження витрат на виробництво.

Були розроблені карта заготовки, маршрутна карта, операційні карти та карти ескізів для проекту технологічного процесу виготовлення піввісі. З метою скорочення часу, необхідного для базування та закріплення деталі для механічної обробки, було впроваджено робоче пристосування з пневматичним приводом, що було обрано після техніко-економічного обґрунтування.

Також була розроблена керуюча програма для фрезерної операції на верстаті з ЧПК та проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерних програм. Під час процесу розглядалося питання забезпечення вимог охорони праці при функціонуванні дільниці з виготовлення піввісі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.

2. <https://studfile.net/preview/7762219/page:3/>

3. <https://studfile.net/preview/7762219/page:2/>

4. <https://studfile.net/preview/7762219/page:6/>

5. <https://studfile.net/preview/7762219/page:4/>

6. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4 т. Том 2. Техническое нормирование станочных работ. М.: Машгиз, 1961. – 892 с.

7. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Мн.: Выш. школа, 1983. – 255 с.

8. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений - Мн.: Беларусь 1991.

9. <https://studfile.net/preview/16994602/page:11/>

10. 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.

Додаток А

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
					НУЗП 292212.015	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
						Деталі		
Справ. №			1			Корпус	1	
			2			Диск	1	
			3			Кулачки патрона	3	
			4			Шток	1	
			5			Рычаг	1	
			6			Тяга	1	
			7			Фланець	1	
			8			Втулка	1	
			9			Планка	1	
			10			Гвинт спеціальний	1	
			11			Притискач	1	
			12			Вісь	1	
Підп. і дата						Стандартні вироби		
			13			Болт М6 ГОСТ 15589-70	2	
			14			Пружина 1086-0765 ГОСТ 18793-80	1	
			15			Щільнявач 058-063-30-1-7 ГОСТ 9833-73	1	
Підп. і дата			16			Щільнявач 030-033-19-1-0 ГОСТ 9833-73	1	
Інф. № подл.	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	НУЗП 292212.015		
	Разраб.	Сергій ДОМНИН				Складальне креслення		
	Пров.	Ельзен ВИШНЕПОЛЬСКИЙ						
	Н.контр.	Сергій ДЯДЯ				Лист	Лист	Листов
Утв.	Сергій ДЯДЯ					1	1	
						НУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Група М-121сн		

Копіював

Формат А4

Рисунок А1 Аркуш 1 – Специфікація робочого пристосування

Додаток Б

*Міністерство освіти та науки України
Національний університет "Запорізька політехніка"*

*АЛЬБОМ
технологічної документації
деталь НУЗП 715113.015
"Піввісь"*

Виконав студент групи М-121сп

Сергій ДОЛИНИЙ

Перевірив, доцент

Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ

Нормоконтроль, доцент

Сергій ДЯДЯ

2024

ГОСТ 3190-82										Формат 1					
Діагн.															
Взам.															
Підп.															
НУЗП 0214.1.24.015										Листів 4		Лист 1			
Розроб.	Сергій ДОЛИННИЙ			НУЗП		НУЗП 715113.015			М-121сп.1014.1.001						
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ														
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ					Півбіс									
М 01	Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015														
М 02	Код	ЕВ	МД	ОН	Н. расх.	КВМ	Код заготовки	Профіль та розміри	КД	МЗ					
	к2	24,,7	1	34,2	0,75		поковка	φ100x575	1	33,2					
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код найменування операції				Позначення документа						
Б	Код найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт
А 03				005	2170 Заготівельна				ЮП №001						
Б 04	382101 Кривошипний гарячештампувальний прес				2	13229	4	2	1	1	1	95	1	10	
05															
А 06				010	5030 Термічна				ЮП №002						
Б 07	XXXXXX Піч				3	19104	4	2	1	4	1	95	1	25	
08															
А 09				015	4269 Фрезерно-центрувальна				ЮП №003						
Б 10	381800 Фрезерно-центрувальний МР71-М				3	19479	4	1	1	1	1	95	1	10	1,17
11															
А 12				020	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №004						
Б 13	381021 Токарний з ЧПК 16К20Ф3				2	16045	4	1	1	1	1	95	1	17	2,771
14															
А 15				025	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №004						
Б 16	381021 Токарний з ЧПК 16К20Ф3				2	16045	5	1	1	1	1	95	1	16	2,76
МК															

										Табл. 3.118-02		Форм. 33							
Виділ.																			
Взам.																			
Підп.																			
										НУЗП 0214.124.015		Листів 4		Лист 2					
										НУЗП 715113.015		М-121сп.1014.1.001							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код найменування операції					Позначення документа									
Б	Код найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт			
К/М	Найменування деталі, сб. одиниці або матеріала					Позначення коду					ОП	ЕВ	ОН	КІ	Краск.				
А 01				030	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №004									
Б 02				381021	Токарний з ЧПК 16К20Ф3					2	16045	4	1	1	1	95	1	16	1,32
03																			
А 04				035	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №004									
Б 05				381021	Токарний з ЧПК 16К20Ф3					2	16045	5	1	1	1	95	1	17	3,195
06																			
А 07				040	4234 Фрезерувальна з ЧПК					ЮП №003									
Б 08				381024	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3					2	16045	5	1	1	1	95	1	21	12,97
09																			
А 10				045	4261 Фрезерувальна					ЮП №003									
Б 11				381611	Вертикально-фрезерний 6Т13					3	19479	5	1	1	1	95	1	21	3,29
12																			
А 13				050	4232 Свердлильна з ЧПК					ЮП №005									
Б 14				381202	Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2					3	16045	4	1	1	1	95	1	9	1,826
15																			
А 16				055	4153 Зубофрезерна					ЮП №006									
Б 17				381572	Зубофрезерний 53А50					3	18446	5	1	1	1	95	1	18	1,827
МК																			

										Табл. 3.118-02		Форм. 33							
Виділ																			
Взам																			
Підп.																			
										НУЗП 0214.124.015		Листів 4		Лист 3					
										НУЗП 715113.015		М-121сп.1014.1.001							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код найменування операції					Позначення документа									
Б	Код найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тл.з	Тшт			
К/М	Найменування деталі, сд. одиниці або матеріала					Позначення код					ОП	ЕВ	ОН	КІ	Краск.				
А 01				060	4153 Зубофрезерна					ІОП №006									
Б 02				381572	Зубофрезерний 53А50					3	18446	5	1	1	1	95	1	18	3,696
03																			
А 04				065	0125 Мийна					ІОП №007									
Б 05				514230	Мийна машина ММ-10					3	18446	5	1	1	1	95	1	18	
06																			
А 07				070	5030 Термічна					ІОП №002									
Б 08				XXXXXX	Піч					3	19104	4	2	1	4	1	95	1	25
09																			
А 10				075	4131 Шліфувальна					ІОП №008									
Б 11				381311	Кругло-шліфувальний 3М151					3	19630	5	1	1	1	95	1	8	1,119
12																			
А 13				080	4131 Шліфувальна					ІОП №008									
Б 14				381311	Кругло-шліфувальний 3М151					3	19630	5	1	1	1	95	1	8	1,098
15																			
А 16				085	4151 Зубошліфувальна					ІОП №009									
Б 17				381562	Зубошліфувальний 5А868					3	18891	5	1	1	1	95	1	180	1,24
МК																			

Дубл.				Гл. технолог	Форма 170-162			
Зам.				Нач. БПМ				
Ориг.								

					НУЗП 0214.124.015		1	1
Розроб.	Сергій ДОЛІННИЙ			НУЗП	НУЗП 715113.015			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ							
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ			Піввісь				
				005				

√ Ra 40

Технічні умови на заготовку

Матеріал	Заготовка		
Найменування і марка	Код	Код та вид	Профіль та розміри
Сталь 40Х	—	Штамповка	105,2x580,2
Технічні умови	Маркування	Твердість	Маса деталі
ДСТУ 7806:2015		НВ 212-269	24,8
Сортament	Допускаемая кривизна		КМ
—	2 мм на довжину 1 м		0,75
Розмір вихідного матеріалу	Кол. дет. из заг.	Норма витрат	
—	1	Розм. листа, прутка	Масса
		582	33,2

1. Заготовка – штамповка
2. Неказані радіуси скруглення R2
3. Неказані штампувальні нахили – 3°

				ГОСТ 3.1105-84				Форма 7			
Дубл.											
Взам.											
Підп.											
НУЗП 0214.1.24.015								1	1		
Розроб.	Сергій ДОЛІННИЙ			НУЗП		НУЗП 715113.015		М-121сн.1014.1.015			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ			Піввісь							
											020

1.* Розміри для довідок

КЭ	Карта ескізів		
----	---------------	--	--

ГОСТ 3.1404-86										Форма 3	
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
НУЗП 0214.1.24.015										1	1
Розроб.	Сергій ДОЛИННИЙ			НУЗП	НУЗП 715113.015			М-121сп.1014.1.015			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр.	Сергій ДЯЛЯ			Піввісь							020
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД	
Токарна з ЧПК		Сталь 40Х		НВ 255-260	1	24,8	575x105,2		33,2	1	
Устаткування, пристрій з ЧПУ		Позначення програми		Т _а	Т _в	Т _{п.з}	Т _{шт.}	СОЖ			
Токарний з ЧПК моделі 16K20Ф3		-		1,76	0,854	17	2,771	3-5% УКРИНОЛ-1			
Р		ПІ	Д або В	L	f	i	s	n	v		
001	1. Встановити, закріпити										
002	ПР: Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80										
003											
004	2. Обробити по програмі, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8										
005	ВІ: XXXXXX Блок інструментальний										
006	РІ: Різець 2103-1111 ВК8 ГОСТ 18879-73										
007	СІ: Калібр скоби спеціальні										
008	СІ: Штангельциркуль ШЦ-I-250-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018										
009		01	86,94	292	2,85	1	1	160	42,7		
010											
011	3. Зняти деталь										
012											
013											
ОК	Операційна карта										

				ГОСТ 31105-84				Форма 7			
Дубл.											
Взам.											
Підп.											
НУЗП 0214.124.015								1	1		
Розроб.	Сергій ДОЛІННИЙ			НУЗП		НУЗП 715113.015		М-121сн.1014.1040			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ			Піввісь							045

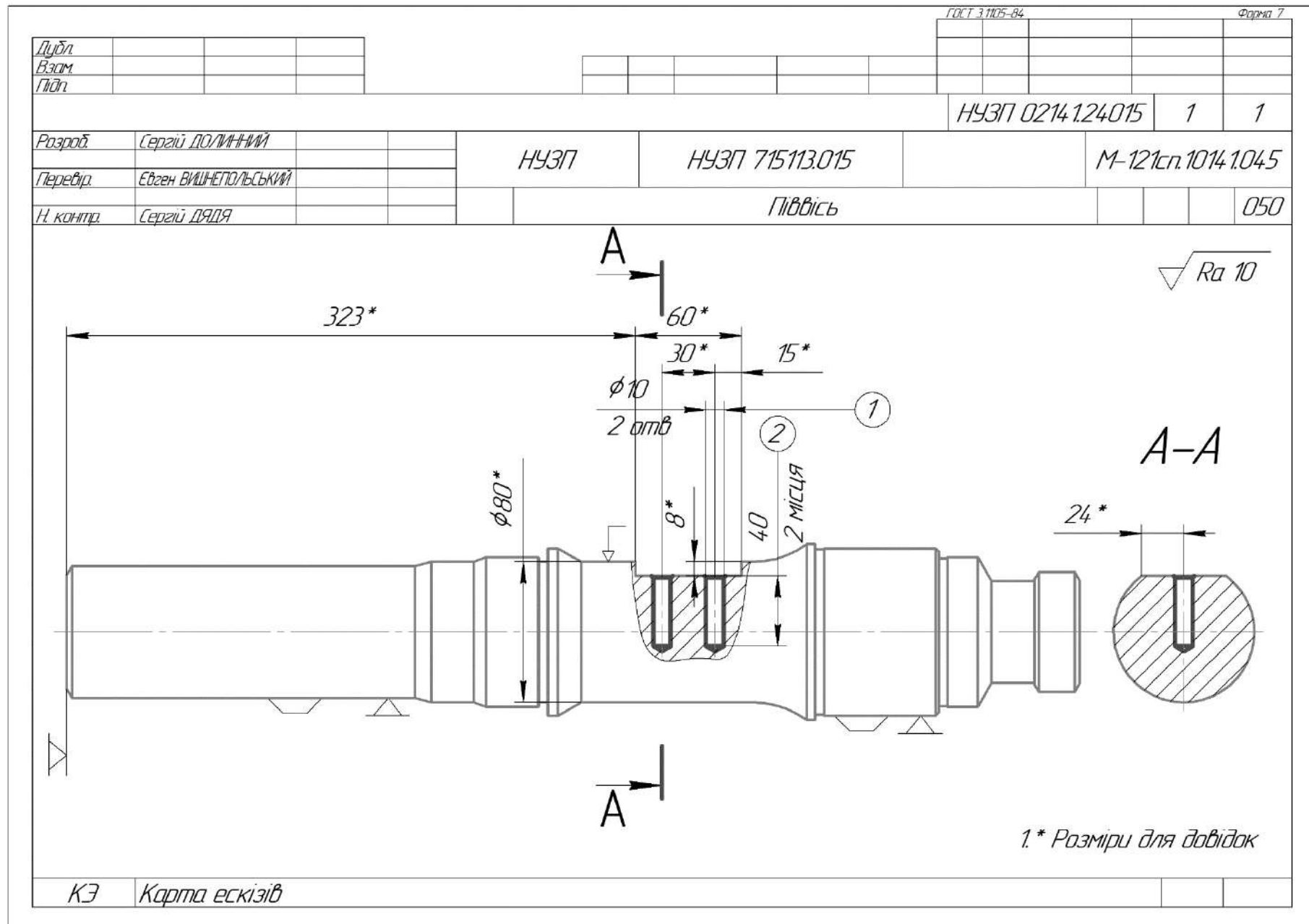
Ra 20

A-A

1.* Розміри для довідок

КЭ	Карта ескізів			
----	---------------	--	--	--

ГОСТ 3.1404-86										Форма 3		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
НУЗП 0214.1.24.015										1	1	
Розроб.	Сергій ДОЛИННИЙ			НУЗП	НУЗП 715113.015				М-121сп.1014.1.040			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ											
Н. контр.	Сергій ДЯЛЯ				Піввісь						045	
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД
Фрезерна				Сталь 40Х		НВ 255-260	1	24,8	575x105,2		33,2	1
Устаткування, пристрій з ЧПУ				Позначення програми		Т _а	Т _в	Т _{п.з}	Т _{шт.}	СОЖ		
Вертикально-фрезерний 6Т13				-		2,4	0,622	21	3,29	3-5% УКРИНОЛ-1		
Р			ПІ	Д або В	L	f	i	s	n	v		
001	1. Встановити, закріпити											
002	ПР: Пристрій спеціальний											
003												
004	2. Фрезерувати лиску, витримуючи розміри 1, 2											
005	ВІ: XXXXXX Призма											
006	РІ: Фреза 2220-0217 ГОСТ 17025-71											
007	СІ: Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018											
008			01	25	50	8	3	0,125	500	39,25		
009												
010	3. Зняти деталь											
11												
12												
13												
OK	Операційна карта											



ГОСТ 3.1404-86										Форма 3	
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
								НУЗП 0214.1.24.015	2	1	
Розроб.	Сергій ДОЛИННИЙ			НУЗП	НУЗП 715113.015			М-121сн.1014.1.045			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр.	Сергій ДЯЛЯ			Піввісь							050
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД	
Свердильна з ЧПК		Сталь 40Х		НВ 255-260	1	24,8	575x105,2		33,2	1	
Устаткування, пристрій з ЧПУ		Позначення програми		Т _а	Т _в	Т _{п.з}	Т _{шт.}	СОЖ			
Вертикально-свердильний з ЧПК моделі 2Р135Ф2		-		1,05	0,681	9	1,826	3-5% УКРИНОЛ-1			
Р		ПІ	Д або В	L	f	i	s	n	v		
001	1. Встановити, закріпити										
002	ПР: Пристрій спеціальний										
003											
004	2. Свердлити 2 отвори, витримуючи розміри 1, 2										
005	ВІ:XXXXXX Ділильна головка										
006	РІ: Свердло 2300-0195 Р6М5 ГОСТ 10902-77, РІ: Зенкер 2323-0506 Р6М5 ГОСТ 12489-71,										
007	РІ: Зенковка 2353-0087 Т15К6 ГОСТ 14953-80										
008	СІ:Штангельциркуль ШЦ-I-250-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018										
009	Калібр скоба 8102-0223 ГОСТ 18360-93										
Р10		01	8	42	4	2	0,14	1000	25,12		
11		02	10	42	1	2	0,56	355	11,15		
12		03	12,5	3	1,25	2	0,56	355	13,93		
13											
ОК	Операційна карта										

ГОСТ 31404-86										Форма 2а		
Дудл.												
Взам.												
Подп.												
										НУЗП 0214.1.24.015	2	
										НУЗП 715113.015	М-121сн.1014.1.045 050	
Р					П	Д або В	L	f	L	S	П	V
001	3. Зняти деталь											
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												

ОК	Операційна карта											
----	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--