

МІНСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Віталій ІВАНОВ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення
вала 810.00.00.12.001

Здобувача групи ТМ–01-2 Титова Дениса Сергійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Денис ТИТОВ

Керівник ст. викл., канд. техн. наук, доцент Анна НЕШТА _____

Нормоконтролер доцент, канд. техн. наук, доцент Артем ЄВТУХОВ _____

РЕФЕРАТ

Записка: 70 с., 15 рис., 13 табл., 16 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь «Вал», яка входить до складу лебідки ручної.

Мета роботи – розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі «Вал».

У цій роботі проаналізовано службове призначення машини, вузла та деталі; технічні вимоги до деталі, її технологічність та спосіб отримання заготівлі.

У роботі розроблено операційну технологію для двох операцій технологічного процесу – 040 – токарну з ЧПУ та 060 – вертикально-фрезерну. Так само для цих операцій розраховані режими різання та здійснено нормування часу. Вибрано верстатні пристосування, різальний та вимірювальний інструмент для обробки даної деталі на досліджуваній технологічній операції.

Виконаний розділ охорони праці, присвячений судинам під тиском.

Розроблено комплект технічної документації.

ВАЛ, НАСОС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
БАЗУВАННЯ, ОСНОВНИЙ ЧАС

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	6
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації	11
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	21
5 Вибір способу отримання заготовки і розроблення технічних вимог до неї.....	23
6 Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу	27
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	27
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки	29
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата	33
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	35
6.5 Визначення режимів різання.....	37
6.6. Технічне нормування операції.....	42
7 Проектування верстатного пристрою	47
Висновок	57
Перелік джерел посилання	58
Додаток А. Креслення деталі	61
Додаток Б. Результати розрахунку припусків.....	62
Додаток В. Специфікація до верстатного пристрою	63
Додаток Г. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	65

					ТМ 22510164–00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Титов				Літ.		Арк.	Акрушів	
Перевір.	Нешта						4	68	
Реценз.					СумДУ, ТМ-01-2				
Н. Контр.	Євтухов								
Затверд.	Іванов								

Проектування технологічного процесу виготовлення вала 810.00.00.12.001

ВСТУП

Технічний прогрес у машинобудуванні характеризується як поліпшенням конструкцій машин, а й безперервним удосконаленням технології їх виробництва. Важливо якісно та в задані терміни виготовити машину з мінімальними витратами матеріалів, енергії, живої та уречевленої праці. У технології машинобудування вирішуються завдання з усіх технологічних переділів – від отримання заготівлі до приймання зібраних виробів. Однак велика увага приділяється кінцевим етапам виробництва – механічній обробці заготовок та збиранню машин. Ці процеси найбільш трудомісткі (80-90% всієї трудомісткості виготовлення виробів) та взаємопов'язані між собою; вони є визначальними у всьому циклі виробництва машин. Перед технологами та конструкторами машинобудування стоять завдання підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості та матеріаломісткості, впровадження потокових методів роботи, механізації та автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Деталь «Вал», застосовується у виробі «лебідка ручна», який призначений для підйому різних вантажів із блоків газоперекачувальних агрегатів під час їх ремонту та обслуговування.

На базі заводського технологічного процесу з одиничним типом виробництва складається технологічний процес з використанням високопродуктивного обладнання, таким чином, розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення «Вала» є актуальним завданням, адже збільшення продуктивності передбачає перехід до дрібносерійного типу виробництва, що наразі є основним типом виробництва в Україні, яке буде розвиватися і надалі.

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Вал», що запропонована для розгляду у дипломному проекті є однією з найважливіших деталей вузла лебідки ручної.

Утилізатор тепла УТЛ-6/115 призначений для використання тепла вихлопних газів агрегату ГПА-Ц1-16Л з метою теплопостачання КС та зовнішніх споживачів – прилеглих житлових селищ, сільськогосподарських об'єктів. Утилізатор застосовується на компресорних станціях обладнаних агрегатами типу ГПА-Ц1-16Л. Утилізатор виготовляється у кліматичному виконанні УХЛІ категорії розміщення 1 та забезпечує працездатність при температурі навколишнього середовища від мінус 55°С до плюс 40°С.

Утилізатор тепла УТЛ-6/115 складається з камери утилізатора, дифузора, теплообмінних секцій, трубопровідної обв'язки та майданчиків обслуговування. Трубопровідна обв'язка утилізатора включає трубопроводи підведення і відведення теплоносія, трубопроводи зливу з теплообмінників, трубопроводи зливу з запобіжних клапанів і відведення повітря з теплообмінників. Для проведення регламентних робіт встановлення обладнання майданчиками обслуговування із огорожами. Доступ на майданчики обслуговування здійснюється сходами.

Принцип роботи утилізатора заснований на передачі тепла газів приводного приводного двигуна агрегату теплоносія. Теплоносій подається зі стаціонарної мережі трубопроводами до теплообмінників і після підігріву в них надходить у стаціонарну мережу до споживачів тепла. У камері утилізатора монтуються дві теплообмінні секції. Лебідка ручна призначена для викочування вантажів з відсіків компресорів, для викочування та закочування теплообмінника з камери утилізатор при ремонтних та монтажних роботах.

						ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			6

При закріпленні даної деталі у вузлі вона позбавляється 5 ступенів вільності, оскільки мають місце подвійна напрямна та опорна бази. Подвійна напрямна база виникає при закріпленні деталі в підшипники ковзання, а опорна при затисканні її стопорним кільцем. Вільними поверхнями є 2,4,5,6,10,11.

Вільними поверхнями є поверхні, які не контактують з іншими поверхнями і лише визначають габарити, масу, жорсткість та інші параметри виробу.

Виконавчі поверхні: 2, 5, 8, 11, 13, 15, 20, 21, 22, 26;

пов. 2 - зовнішня циліндрична поверхня $\text{Ø}28\text{e}8$ призначена для посадки підшипника ковзання;

пов. 5 – зуби, які у процесі роботи взаємодіють із зубами іншого вала-шестерні;

пов. 8 – зовнішня циліндрична поверхня $\text{Ø}28\text{e}8$ призначена для посадки підшипника ковзання;

пов. 11 - зовнішня циліндрична поверхня $\text{Ø}22\text{п}6$ служить для посадки напівмуфти;

пов. 13 - торцева поверхня, в яку при накручуванні упирається гайка;

пов. 20 – поверхня паза шпонки, служить для приєднання шпонки, що оберігає гайку від розгвинчування;

пов. 21 – поверхня шпонкового паза, служить передачі через шпонку крутного моменту;

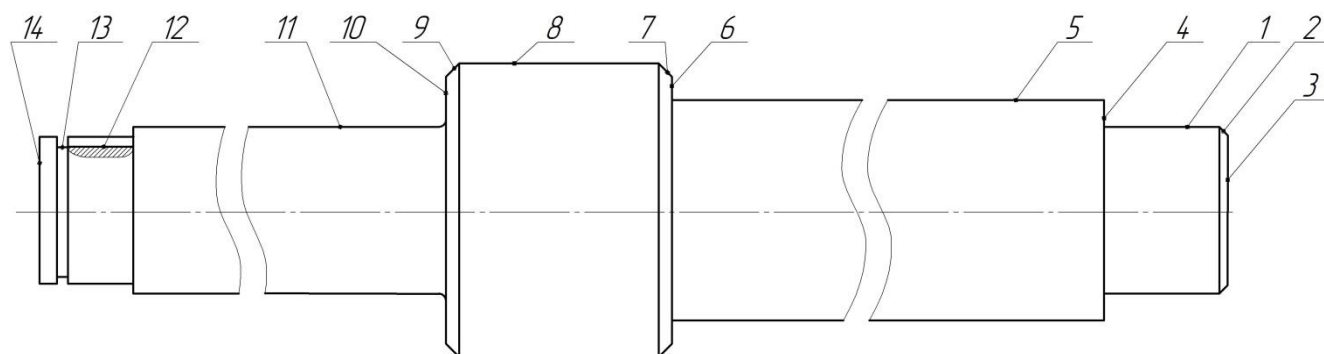


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі з номерами поверхонь

						ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			7

Деталь та виріб, також як і вся лебідка вцілому експлуатуються в помірних умовах у діапазоні температур від -50 до + 50°C. Сама деталь та виріб під час роботи створюють шум на рівні 80÷100 Дб.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення деталі задаються виходячи з її службового призначення. Аналізуючи робоче креслення, можна зробити висновок, що наявних на ньому проєкцій та перетенів достатньо, розміщені вони згідно з існуючими стандартами. На кресленні зазначені усі потрібно вихідні дані: розміри, їх точність та шорсткість, проставлені технічні вимоги на виготовлення деталі.

Деталь «Вал» відноситься до деталей типу вал. Деталь «Вал» є частиною і призначена для передачі моменту на барабан через зубчасте колесо. У деталі є такі конструктивні елементи:

- зуби для передачі крутного моменту на барабан;
- шпонковий паз, що служить для встановлення стопорного кільця, що перешкоджає зсуву храпового колеса;
- канавка, що служить для встановлення стопорного кільця, що перешкоджає зсуву храпового колеса;
- квадрати, що служать для обертання ручки, що приєднується до валу.

Матеріал деталі – сталь 45. Дані про фізико-механічні властивості наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні властивості сталі 45

Матеріал	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\psi, \%$	Твердість, НВ	Хімічний склад, %					
				C	Si	Mn	Cr	S	P
Сталь 45	700	40	170-179	0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	$\leq 0,25$	$\leq 0,04$	$\leq 0,035$

Матеріал деталі сталь 45 конструктор вибрав правильно, оскільки даний матеріал деталі дозволяє виконувати свої безпосередні функції. Простановку розмірів на деталі вважаю правильною відповідно до вимог ЄСКД, тому що їх можна легко вважати і через різницю довжини валу та однієї з циліндричних поверхонь можна визначити іншу.

Поверхні d25f8 є основними конструкторськими базами. Тому конструктор поставив такі високі вимоги до шорсткості, а саме шорсткість за критерієм $R_a=0,4$ мкм, а також жорсткий допуск радіального биття 0,06 мм. Ці поверхні контактують по посадці із зазором. Поверхня d22h7 є допоміжною конструкторською базою для стопорного колеса. Тому конструктор поставив вимоги до шорсткості за критерієм $R_a = 0,8$ мкм. Так як ці поверхні контактують по посадці із зазором, внаслідок чого тертя має бути мінімальним, щоб зменшити знос. Поверхня d44 є виступами зубів шестерні та має шорсткість за критерієм $R_a = 1,6$ мкм і допуск радіального биття 0,08 мм, що також не випадково. При дотику цих поверхонь виникає тертя і зношування і тому на кресленні деталі конструктор поставив саме таку шорсткість.

На кресленні деталі вказані такі технічні вимоги:

1. Гр II НВ 269-302 ДСТУ 8479-2010, яке позначає групу поковки та твердість, яку необхідно забезпечити.

2. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14; IT14/2 вказує на те, що всі неказані граничні відхилення розмірів вказані за 14 кваліфікацією точності.

В цілому ж креслення виконане за усіма вимогами ЄСКД, на кресленні досить видів і перерізів для представлення форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва – це сумарна характеристика технологічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, обумовлена його спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури виробів, а також формою руху виробів по робочих місцях.

Тип виробництва визначається коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який дорівнює відношенню всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконаємо розрахунок $K_{з.о.}$ за [3] з урахуванням таких вихідних даних:

- річний обсяг випуску деталей – $N_p = 1000$ шт.;
- усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання – $\eta_{з.н.} = 0,75$;
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 10;
- штучний час обробки деталі за операціями $T_{шт}$ – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. табл. 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання – $F_d = 4015$ год.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.1)$$

де O – кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці;

P – кількість робочих на кожній операції.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N_{год} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} \quad (3.2)$$

де $\eta_{з.н.}$ – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання за [4], $\eta_{з.н.} = 0,75$.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

Таблиця 1.1 – Технологічний процес виготовлення деталі Вал ведучий

Номер операції	Найменування операції	Штучно-калькуляційний час, хв
030	Токарно – гвинторізна	40
045	Токарно – гвинторізна	20
050	Вертикально-фрезерна	20
060	Горизонтально-фрезерна	20
065	Вертикально-фрезерна	20
070	Круглошліфувальна	30
075	Токарно – гвинторізна	20
100	Круглошліфувальна	30
105	Токарно – гвинторізна	20

№ оп.	Найменування операції	$T_{шт},$ хв	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
030	Токарно – гвинторізна	3,20	0,02	1	0,02	9,81
045	Токарно – гвинторізна	10,8	0,05	1	0,05	25,3
050	Вертикально-фрезерна	15,2	0,06	1	0,06	38,1
060	Горизонтально-фрезерна	8,2	0,04	1	0,04	7,85
065	Вертикально-фрезерна	7,5	0,03	1	0,03	6,34
070	Круглошліфувальна	12,3	0,05	1	0,05	30,1
075	Токарно – гвинторізна	22,5	0,08	1	0,08	45,6
100	Круглошліфувальна	11,7	0,05	1	0,05	27,6
105	Токарно – гвинторізна	3,5	0,02	1	0,02	10,9
Сума:				10		257,9

Кількість робочих на кожній операції обираємо: 1 особа.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P \quad (3.3)$$

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою:

$$O = \eta_{з.н.}/\eta_{з.ф.} \quad (3.4)$$

В результаті коефіцієнт закріплення операцій за формулою (3.1) дорівнюватиме:

$$K_{з.о.} = \frac{257,9}{10} = 25,79$$

Таким чином умова ($20 < K_{з.о.} < 40$) виконується, що відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.5)$$

де N – річна програма, шт.;

a – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3, 6, 12, 24 дні).

Призначаємо 6 днів.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 81,6 \approx 82 \text{ шт}$$

Аналізуючи програму випуску деталей на рік ($N_p = 1000$ шт.) визначимо, що тип виробництва – дрібносерійний.

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють періодично повторюваними партіями або серіями, і порівняно великим обсягом випуску ніж в одиничному типі виробництва.

Цій формі організації робіт характерні особливості, а саме заготовки обробляються невеликими партіями, заготовки - в основному кування і лиття в піщано-глинисті форми (рідко точне лиття і штампування). Устаткування

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПК. Устаткування розставляються по технологічним групам. Різальний та вимірювальний інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, розподілений на окремі операції, які закріплені за окремими верстатами [7].

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

В даному пункті будемо розглядати оцінку технологічності деталі «Вал» саме в контексті майбутнього наукового дослідження, а саме оброблення торців на фрезерно-уцентрувальній операції, тому розглянемо стандартні пункти аналізу технологічності, які стосуються саме цього питання:

Деталь вал ведучий відноситься до деталей типу вал. Габарити деталі – діаметр 44 мм та довжина 428 мм. Деталь не жорстка, оскільки відношення довжини до діаметру більше 9,73 разів, тому при встановленні деталі в центрах необхідно використовувати люнет. За матеріалом деталь вал-шестерня технологічна, оскільки зроблена зі сталі 45, яка є однією з найбільш поширених і добре обробляється різанням. Проблеми з постачанням матеріалу не виникне, оскільки сталь 45 має матеріали-замінники, такі як сталь 40, сталь 40Х, сталь 50, сталь 50Г2 і т.д.

Геометрична форма всіх поверхонь є простою, крім зубчастого вінця. Наявність зубчастого вінця знижує технологічність, оскільки необхідні додаткові методи обробки (чистове та чорнове фрезерування). За наявності вище названого нетехнологічного елемента зміни в конструкцію вводити не будемо, оскільки ці недоліки не суттєві. З погляду геометричної форми всі поверхні є простими, крім зубчастого вінця. З точки зору збільшення кількості поверхонь на деталі, які не підлягають механічній обробці, у нашому випадку деякі з поверхонь не є сполучними або мають несуттєве функціональне призначення, і їх можна залишити з тими параметрами, що формуються в процесі штампування. Тому за цим показником деталь не є технологічною.

Зміна форми деталі з метою оптимізації використання матеріалу при розкрої вихідної заготовки не є раціональним, тому що при штампуванні на ГKM отрмуємо штучну заготовку, що виключає використання відходів для виготовлення інших деталей. Тому за цим показником деталь не є технологічною. Заготовку можна виготовляти поковкою (кованою або штампованою).

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Всі розміри на кресленні проставлені технологічно, оскільки за ними можна легко визначити траєкторію руху різця, якщо це токарна операція на верстаті з ЧПК тощо.

Наявність великої кількості точних поверхонь (6-8 квалітет) роблять цю деталь нетехнологічною. За шорсткістю деталь можна вважати нетехнологічною, оскільки вона має ряд поверхонь із шорсткістю за критерієм Ra $0,4 \div 1,6$ мкм. Зазначена шорсткість поверхонь досягається на чистових етапах обробки поверхонь, зокрема, круглого шліфування.

Найбільш точною є поверхня 9, розмірна точність якої відповідає 7 квалітету.

У базовому технологічному процесі як вихідна заготовка використовується кування на молотах. Зниженню технологічності деталі сприяють радіуси R2. Нетехнологічним елементом є закритий паз, тому що він обробляється шпонковими або кінцевими фрезами.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ І РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Розглянемо два варіанти способів отримання заготовки для деталі "Вал ". Першим варіантом є отримання заготовки вільним куванням на молотах, так як це проводиться в базовому технологічному процесі (при одиничному виробництві). Маса цієї заготівлі 7 кг. Після отримання заготовки вводилася чорнова обдирання заготовки з припуском 3-4 мм на токарній операції.

Другим варіантом розглянемо спосіб отримання заготовки штампуванням на ГKM. Це більш точний метод, при якому припуски мінімальні, витрата матеріалу менша, а отже він може виявитися економічно вигідним в умовах дрібносерійного виробництва, тому що не буде потрібно чорнове обдирання, як це було в базовому технологічному процесі.

Розрахуємо розміри заготовки за другим варіантом за стандартом та визначимо її масу.

Розрахунок поковки робимо керуючись ДСТУ 7505 – 2009:

Користуючись стандартом визначаємо:

- Клас точності T4;
- Групу сталі M2. Середня масова частка вуглецю сталі $45 - 3 = 0,37\%$.
- Ступінь складності - C2.
- Вихідний індекс – 12
- Припуски на механічну обробку

Основні припуски на розміри, мм:

- 1,4 – довжина 85 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,9 – довжина 309 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,3 – довжина 34 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,3 – діаметр 33 мм та частота поверхні 6,3;

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

1,3 – діаметр 25 мм та частота поверхні 6,3;

1,4 – діаметр 44 мм та частота поверхні 6,3

Додаткові припуски, що враховують:

- Зміщення по поверхні роз'єму штапу - 0,3 мм;

- вигнутість та відхилення від площини та прямолінійності – 0,5 мм

Розміри поковки в мм:

довжина $85 + (1,4 + 0,3) * 2 = 88,4$ - приймаю 88;

довжина $309 + (1,9 + 0,3) * 2 = 313,4$ - приймаю 313;

довжина $34 + (1,3 + 0,3) * 2 = 37,2$ - приймаю 37;

діаметр $25 + (1,3 + 0,5) * 2 = 28,6$ - приймаю 29;

діаметр $33 + (1,3 + 0,5) * 2 = 36,6$ - приймаю 37;

діаметр $44 + (1,4 + 0,5) * 2 = 47,8$ - приймаю 48.

Визначаємо масу заготівлі:

Визначаємо собівартість заготівки, що виготовляється на ГKM за формулою:

$$S_{\text{заг}} = (S_M * M_3 * K_c * K_B * K_M * K_{\Pi}) - (M_3 - M_D) * S_{\text{відх}} \quad (5.1)$$

де S_M – базова вартість 1 кг заготівки, $S_M = 300$ грн./кг;

$S_{\text{відх}}$ – вартість відходів, $S_{\text{відх}} = 20$ грн/кг;

K_T – коефіцієнт, що залежить від точності; $K_T = 1,0$;

K_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності $K_c = 0,8$;

K_B – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу $K_B = 1,1$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від маси заготівки, $K_M = 0,85$;

K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготівки, $K_{\Pi} = 1,0$;

Таким чином,

$$S_{\text{заг}} = (300 * 3,2 * 1 * 0,8 * 1,1 * 0,85 * 1) - (3,2 - 1,5) * 20 = 689 \text{ грн.}$$

І для порівняння порахуємо собівартість заготовки, що виготовляється ковкою на молоті, при її вазі 7 кг, згідно базового ТП.

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 22510164–00 ПЗ

Визначаємо собівартість заготовки на молоті за формулою 5.1, де:

де S_M – базова вартість 1 кг заготовки, $S_M = 150$ грн./кг;

$S_{відх}$ – вартість відходів, $S_{відх} = 20$ грн/кг;

K_T – коефіцієнт, що залежить від точності; $K_T = 1,0$;

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності $K_C = 0,8$;

K_B – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу $K_B = 1,1$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, $K_M = 0,85$;

K_P – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки, $K_P = 1,0$;

$$S_{заг} = (150 * 7 * 1 * 0,8 * 1,1 * 0,85 * 1) - (7 - 1,5) * 20 = 715 \text{ грн.}$$

Таким чином бачимо, що $K_{M1} > K_{M2}$, $S_{заг1} < S_{заг2}$.

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок: отримання заготовок на ГKM вигідніше, тому що собівартість заготовки нижче, а форма заготовки максимально наближена до форми деталі.

Згідно [10], вибираємо $\varnothing 32 (+0,2; -0,5)$ мм.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

Технічні вимоги до заготовки Вала ведучого:

1. Гр. II сталь 45 твердість 269...302 НВ ДСТУ 8479-2010.
2. Поковка штампована на ГKM ДСТУ 7505-2009.
3. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2, вихідний індекс – 12.
4. Невказані радіуси заокруглень – R 4...5 мм.
5. Штамповані ухили – 5° .
6. Допустимий зсув по поверхні роз'єму штампа – 1 мм.
7. Допустимі відхилення вигнутості від площинності та прямолінійності не більше 1,2 мм.

Ескіз заготовки представлено на рис. 5.1.

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

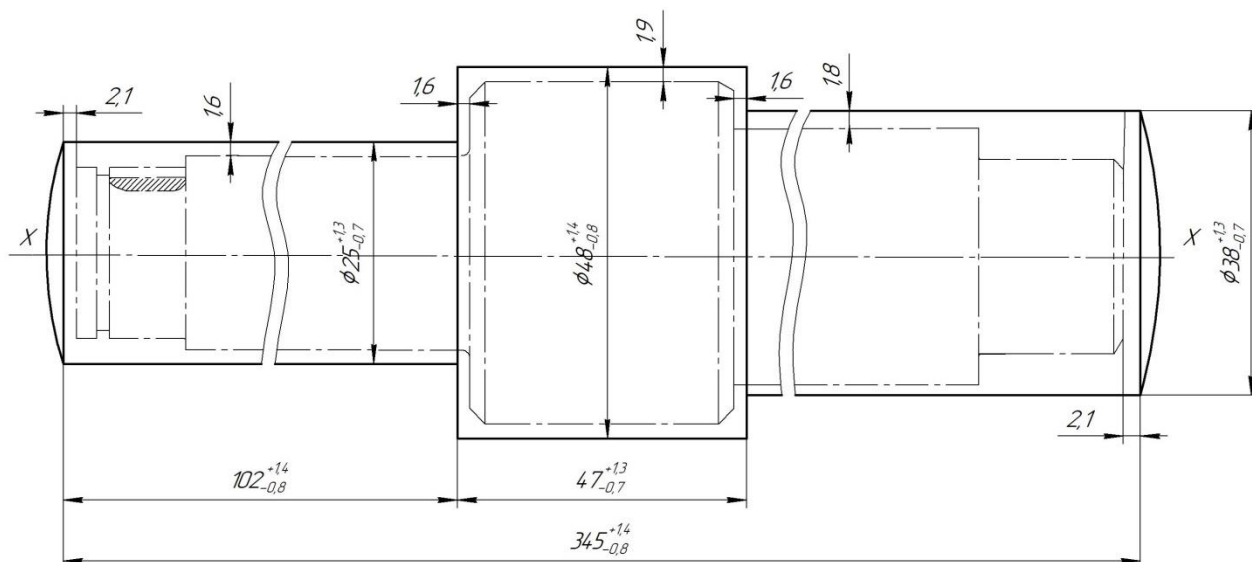


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 22510164–00 ПЗ

Лист

26

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання Ø25f8.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як $\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2} = 1000$ мкм, а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від $\rho_{заг}$ тоді $\rho_{чери} = \rho_{заг} k_y$, де $k_y = 0,04-0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чери} = 1000 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{н/ч} = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ мкм.}$$

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 6.1, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності, ІТ	Параметри шорхності Ra, мкм
1. Заготівельна	$h15_{-1,0}^{+1,8}$	25
2. Точіння напівчистове	$h12_{-0,21}$	6,3
3. Точіння чистове	$h9_{-0,052}$	3,2
4. Шліфування	$h8_{-0,030}$	0,8

Вибираємо елементи припусків по переходах

Обирається висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару T:

- для заготовки Rz=160 мкм і T=200 мкм;
- на операції точіння напівчистове Rz=125 мкм і T=120 мкм;
- на операції точіння чистове Rz=25 мкм і T=25 мкм;
- на операції точіння тонке Rz=5 мкм і T=5 мкм.

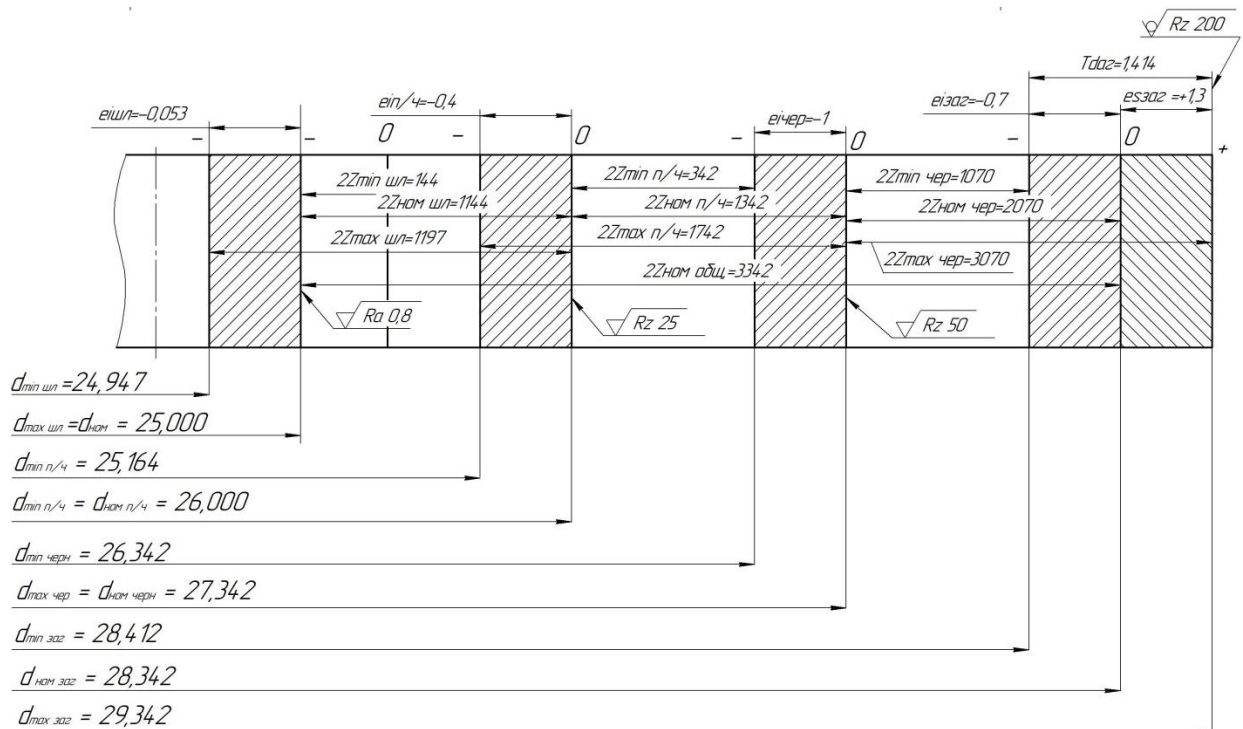


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків $\varnothing 25h8$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 22510164–00 ПЗ

Лист

28

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції були прийняті операції: токарна з ЧПК та верстиковально-фрезерна.

Для двох аналізованих операцій розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата.

Схеми базування заготовки на токарній з ЧПК операції приведені на рис. 6.2, та рис. 6.3.

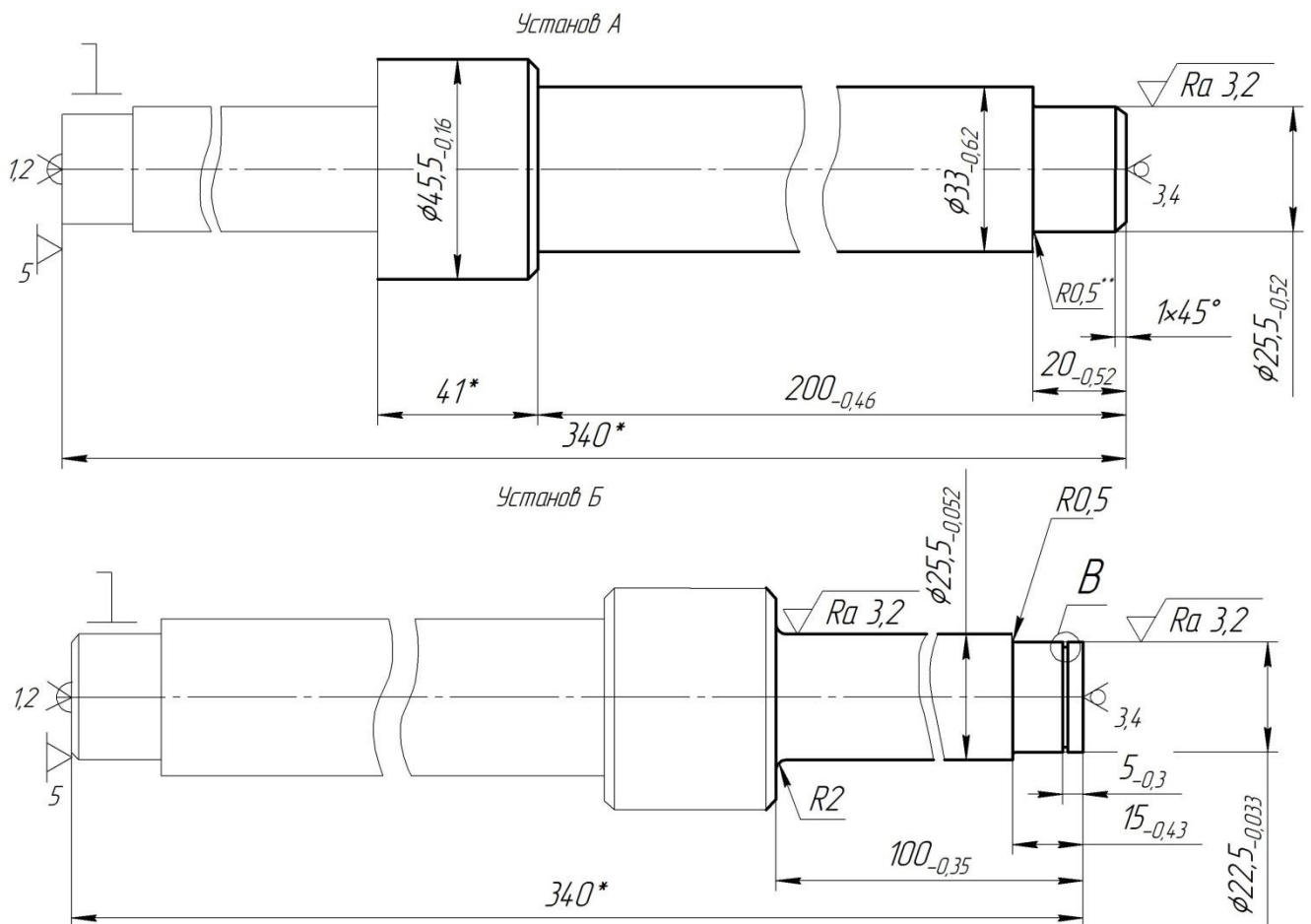


Рисунок 6.2 – Схема обробки валу з використанням лівого плаваючого та обертального правого центру

Вибір методу встановлення та закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготівлі, серійністю виготовлення та прийнятими методами обробки. Методи встановлення та закріплення заготовки на столі

верстата суттєво впливають на точність, якість оброблених поверхонь та на загальну тривалість обробки.

На токарну операцію можна запропонувати дві схеми базування та закріплення заготовки:

- а) Базування з використанням плаваючого та оберտального правого центру.
- б) Базування у жорсткому лівому та обертальному правому центрі.

Розглянемо базування з використанням лівого плаваючого та обертального правого центру.

Розглянемо базування в жорсткому лівому та обертовому правому центрі.

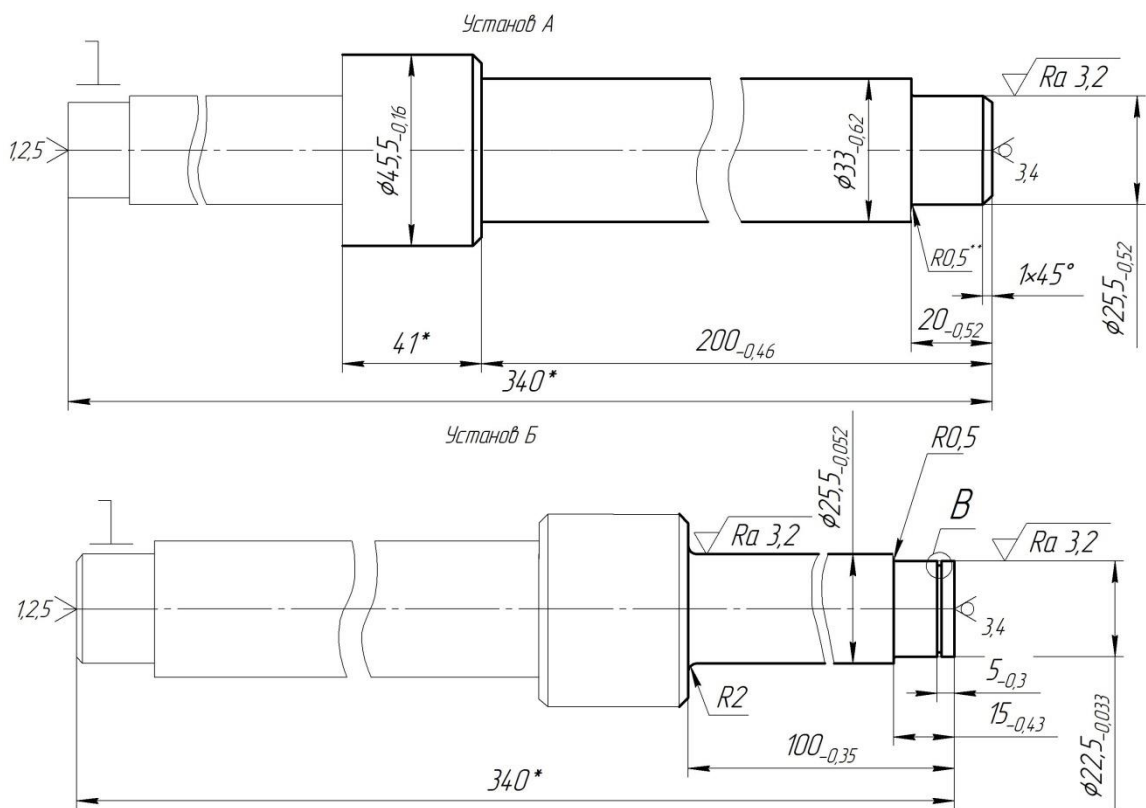


Рисунок 6.3 – Схема обробки валу з використанням жорсткого лівого та обертального правого центру

Розрахунок похибок базування на виконуваних розмірах:

Установ А

$$E_{\phi_{25}} = T_{428} = 0,25 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{\phi_{59}} = T_{428} = 0,25 \leq T_{59} = 0,74 \text{ мм}$$

$$E_{\phi_{309}} = T_{428} = 0,25 \leq T_{309} = 1,3 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{245}} = 0 \text{ мм}$$

Установ Б

$$E_{\delta_{25}} = T_{428} = 0,25 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{85}} = T_{428} = 0,25 \leq T_{85} = 0,87 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{10}} = 0 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{46}} = 0 \text{ мм}$$

При цьому методі базування існує похибка базування на зацентровку. Таким чином $\varepsilon_A = \varepsilon_u$.

Розрахуємо похибку базування на зацентрування

$$\varepsilon_u = \frac{\delta_D}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (6.1)$$

де δ_D - допуск діаметром конічної частини центрального гнізда, 0,43 мм;

α - кут при вершині конуса центрального гнізда, 60.

$$\varepsilon_u = \frac{0,43}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{120}{2}\right)} = 0,124 \text{ мм}$$

Розрахунок похибок базування на виконувани розміри

Установ А

$$E_{\delta_{25}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{59}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{59} = 0,74 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{309}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{309} = 1,3 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{245}} = \varepsilon_{\delta} = 0,124 \text{ мм}$$

Установ Б

$$E_{\delta_{25}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{85}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{85} = 0,87 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{10}} = 0,124 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{46}} = 0,124 \text{ мм}$$

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Таким чином бачимо, що похибка базування менша при базуванні з використанням лівого плаваючого та обертального правого центру. Похибки базування на розмір 428 набагато більше ніж допуски на відповідні розміри, а отже точність не буде забезпечена, отже необхідно посилити допуск на розмір 428, виконавши його по 10-му квалітету.

Операція вертикально-фрезерна.

На цій операції обробляється паз, розміри якого становлять: довжина 10мм, ширина 5P9 мм, глибина мм; шорсткість бічних сторін паза за критерієм $Ra = 3,2$ мкм; поверхні дна паза - $Ra = 6,3$ мкм.

Існує можливі варіанти базування та закріплення заготовки:

1) закріплення та базування заготовки може здійснюватися закріпленням поверхонь у двох місцях у призмах з упором у торець $d18h14$. Призми орієнтують заготовлю, а торець позбавляє переміщення вздовж осі. Таке базування позбавляє п'яти ступенів свободи та забезпечує вимоги креслення.

2) закріплення та базування заготовки може здійснюватися закріпленням поверхонь з двох сторін у призмах з упором в торець $d22h7$. у призмі (розмір мм). Останній досягається при способі автоматичного забезпечення розміру на попередньо налаштованому верстаті і розраховується як точність базування валу в призмі за двома варіантами (рис. 6.4, 6.5).

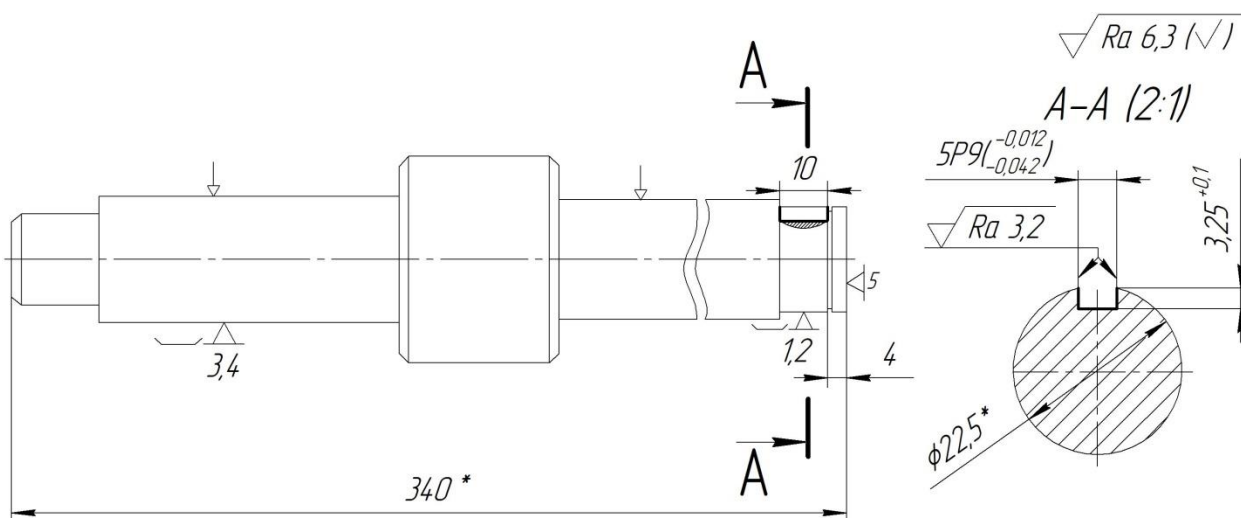


Рисунок 6.4 – Схема базування варіант 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблиця 6.5 – Технічна характеристика верстата моделі HAAS ST-10

Параметри	Чисельні дані
Найбільший діаметр обробленої заготовки, мм:	
- над передньою захисною стінкою	650
- над супортом	290
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір шпинделю, мм	58
Найбільша довжина обробленої заготовки, мм	1262
Частота обертання шпинделю, об/хв	0-3000
Кількість швидкостей шпинделю	б/р
Подача супорта, мм/хв:	
- повздовжня	14 м / хв
- поперечна	14 м / хв
Кількість ступенів подач (регулювання без сходинок)	б/р
Потужність електричного двигуна головного привода, кВт	18
Габаритні розміри l x b x h, мм	3089x2405x2320
Маса, кг	6268

Для операції фрезерної з ЧПК пропонуємо використовувати металорізальний верстат моделі FBD MACHINEN X6232.

Верстати типу FBD MACHINEN X6232 призначені для ведення чорнової та чистової обробки плоских циліндричних, кільцевих поверхонь торцевими, кінцевими та спеціальними фрезами, а також свердління отворів.

Технічна характеристика верстата:

Розміри робочої поверхні столу, мм 1000x600;

Виліт шпинделя, мм 200

Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм 700

Найбільша маса оброблюваного виробу, кг 850

Найбільше переміщення столу:

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- Поздовжнє, мм 800

- Поперечне, мм 450

Частота обертання шпинделя (безступінчасте через 1), об / хв 1 - 4000

Дискретність відліку координат по осях, мм 0,01

Точність установки координат, мм 0,01

Число Т-подібних пазів 3

Ширина паза, мм 18

Конус шпинделя ISO50

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 5,0

Габаритні розміри, мм 2310x1510x2203

Маса, кг 4150.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірального інструментів

Вибір затискних пристроїв проводиться виходячи з типу виробництва та конфігурації поверхонь заготовлі. При виборі різального інструмента необхідно звернути увагу на матеріал різальної частини, геометрію, їх габарити. При цьому необхідно враховувати:

- а) метод обробки поверхні;
- б) етапи обробки;
- в) використання мастильно-охолоджувальної рідини;
- г) габарити верстата;
- д) матеріал заготовлі та її стан.

Операції 040 - Токарна з ЧПУ

Для установки та закріплення деталі «Вал» як пристосування використовуємо універсальне пристосування - трикулачковий повідковий патрон 7108-0021 ДСТУ 2571-2011 з центром 7032-0017 ДСТУ 13214-2009 Цей патрон забезпечує можливість закріплення заготовок, що мають можливість закріплення заготовок. Патрон дозволяє підвищити точність обробки за рахунок рівномірного

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

розподілу зусилля між кулачками, що зменшує радіальне биття та кривизну обробленої деталі щодо базових поверхонь – центрових гнізд. Наявність упору забезпечує базування заготовки торцем. Так як жорсткість валу недостатня через порівняно велику її довжину, то з метою уникнення прогину, вібрацій і пружних деформацій при обробці, що знижує якість обробленої поверхонь. У зв'язку з цим посередині валу необхідно встановити в люнет верстата 6046-0011 ДСТУ 21190-2015.

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі різальні інструменти:

- різець прохідний упорний MTJNR2525N10 T15K6 та MTJNL2525N10 T15K6 – для точення зовнішніх поверхонь та підрізання торців;

- різець канавковий спеціальний T15K6 для обробки канавки. Ширина ріжучого краю 1,4 мм.

При обробці застосовуємо мастильно-охолоджувальну рідину 7-10% БАРКОР 520 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання при обробці сталі 45.

Вибір оснащення та інструментів на вертикально-фрезерну операцію.

Для установки і закріплення деталі на операції доцільно буде використати спеціальний пристрій, що дозволить підвищити доступність до поверхонь та режими різання.

У якості різального інструменту приймаємо фреза кінцева Ø5 0823-1287 ДСТУ 17026-2011 з твердого сплаву ВК8, що для сучасного верстата допоможе збільшити швидкість різання і продуктивність, що в кінцевому результаті вийде дешевше.

Для контролю ширини і довжини пазу приймається штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ166-2009. Контроль шорсткості поверхонь можна виконати за допомогою зразків шорсткості згідно з ДСТУ 9378-93.

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

6.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання для обточування зовнішньої поверхні однією переході ведемо розрахунково-аналітичним способом [6]. Режими різання інших переходах визначаємо табличним шляхом за нормативами.

Перехід 1. Точити циліндричну поверхню витримуючи розміри: $l = 25\text{мм}$, $D = 19\text{мм}$, $d = 18\text{мм}$, за один прохід.

Призначаємо глибину різання припуск на бік за формулою:

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{мм} \quad (6.4)$$

де D – діаметр поверхні заготівлі, мм;

d – діаметр поверхні деталі, мм.

$$t = \frac{19-18}{2} = 0,5\text{мм}$$

Вибираємо подачу по [6]:

$S_{\text{ТАБЛ}} = 0,15$ (мм/об). При обробці уривчастих поверхонь табличні значення подач слід зменшувати на коефіцієнт $K_s = 0,8$. Остаточо отримаємо:

$$S = S_{\text{ТАБЛ}} \cdot K_s = 0,15 \cdot 0,8 = 0,12 \text{ (мм/об)}.$$

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [6]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ (м/хв)}, \quad (6.5)$$

де T - стійкість інструменту, хв.; згідно [6]: $T = 45$ хв.

Коефіцієнти для цієї формули рівні згідно [6]: $C_v = 420$, $x = 0,15$, $y = 0,20$, $m = 0,20$.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

K_V - загальний поправочний коефіцієнт враховує якість оброблюваного матеріалу та визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{UV} , \quad (6.6)$$

K_r - коефіцієнт характеризує групу сталі з оброблюваності $K_r = 1$

n_V - показник ступеня $n_V = 0,9$.

Відповідно:

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{700} \right)^{0,9} = 1,06;$$

K_{PV} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі $K_{PV} = 0,8$;

K_{UV} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $K_{UV} = 1,0$.

Таким чином:

$$K_V = 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,85$$

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (6.7)$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,12^{0,20}} \cdot 0,85 = 85 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.8)$$

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot 85}{\pi \cdot 19} = 1428 \text{ (об/хв)}$$

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Визначимо хвилинну подачу за формулою:

$$S_M = S \cdot n_{ш}. \quad (6.10)$$

$$S_M = 0,12 \cdot 1400 = 168 \text{ (мм/хв)}.$$

Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [6]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (6.11)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [6]:

$$C_p = 300, \quad x = 1,0, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15.$$

Поправочний коефіцієнт визначаємо за формулою:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rp}. \quad (6.12)$$

Чисельно значення цих коефіцієнтів визначаємо згідно [6]:

$$K_{\phi P} = 1,0, \quad K_{\gamma P} = 1,0, \quad K_{\lambda P} = 1,0, \quad K_{rp} = 0,93.$$

Розраховуємо K_p

$$K_p = 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,87.$$

Тангенційна сила різання дорівнює:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 84^{0,15} \cdot 0,87 = 2500 \text{ Н}.$$

Аналогічно робимо розрахунки режимів різання на інших переходах установка А та установи Б і складаємо таблиці.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Таблиця 6.1 – Режими різання

№ п/п	Зміст переходу	t , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв
2	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 26,5_{-0,052}$ и $L = 33$ мм	0,5	0,14	83	1000
3	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 34_{-0,62}$ и $L = 5$ мм	0,5	0,24	85	800
4	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 26_{-0,084}$ и $L = 245$ мм	0,5	0,24	82	1000
5	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 45,5_{-0,25}$ и $L = 34$ мм	0,5	0,24	90	630
6	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 19_{-0,52}$ и $L = 25$ мм	0,5	0,12	84	1400
7	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 23,5_{-0,052}$ и $L = 14$ мм	0,5	0,24	80	1000
8	Точити циліндричну зовнішню поверхню в розмір $\varnothing 26,5_{-0,084}$ и $L = 46$ мм	0,5	0,24	83	1000
9	Точити канавку шириною 1,4 мм	1,4	0,05	60	1000

Операція вертикально-фрезерна з ЧПК.

Вихідні дані: на вертикально-фрезерному верстаті проводиться фрезерування пазів шириною 5 мм.

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні паза аналітичним методом.

Глибина різання $t = 1$ мм.

Ширина фрезерування $B = 5$ мм.

Подача при фрезеруванні:

$S_z = 0,02$ мм/зуб – таблична подача на зуб при чорновій стадії обробки, що залежить від групи матеріалу, діаметра фрези і глибини різання [4];

Оборотна подача:

$$S_o = S_z \cdot z, \quad (6.12)$$

Отже,

$$S_o = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (6.13)$$

Обираємо коефіцієнти швидкості різання за рекомендаціями і вказівками [5]:
 $C_V = 95$; $q = 0,2$; $y = 0,3$; $x = 0,06$; $u = 0,3$; $p = 0,1$; $m = 0,27$; $T = 180$ хв;

K_V – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки, що за формулою 6.4, аналогічний як і на фрезерно центрувальній операції.

$$K_V = 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 1,16.$$

Визначаємо швидкість різання за формулою 6.13:

$$V = \frac{95 \cdot 60^{0,2}}{180^{0,27} \cdot 1^{0,06} \cdot 0,02^{0,3} \cdot 6^{0,3} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,16 = 53,8 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя для забезпечення допустимої швидкості різання за формулою 6.9:

$$n = \frac{1000 \cdot 53,8}{3,14 \cdot 6} = 3520 \text{ об/хв.}$$

Подачу $S = 0,08$ мм/об і частоту обертання шпинделя $n = 3520$ об/хв не округляем до паспортних даних.

Визначаємо силу різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (6.15)$$

Обираємо коефіцієнти сили різання за рекомендаціями і вказівками [5]:

$$C_p = 102; q = 0,86; y = 0,6; x = 0,75; u = 1; w = 0,1;$$

Визначаємо силу різання за формулою 6.15:

$$P_z = \frac{10 \cdot 102 \cdot 1^{0,75} \cdot 0,02^{0,6} \cdot 6^{1,4}}{6^{0,86} \cdot 3520^{0,1}} \cdot 1,1 = 312 \text{ Н.}$$

Визначаємо основний час T_o за формулою 6.7:

$$T_o = \frac{13 \cdot 4}{3520 \cdot 0,08} = 0,85 \text{ хв.}$$

Довжина робочого ходу інструмента: $L = 10 \text{ мм.}$

Таблиця 6.2 - Режими різання на переходи операції

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S, мм/зуб	n, об/хв	V, м/хв	i		
Фрезерувати пази 5 мм	1	0,02	3520	53,8	4	10	1,2

6.6. Технічне нормування операції

Технічне нормування 040 операції – токарна з ЧПУ провадимо згідно з відомими формулами розрахунку основного часу та вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Дані про режими різання беремо із попереднього пункту.

Норма часу на виконання операції на верстаті з ЧПУ під час роботи на одному верстаті визначається за формулою згідно з [7].

Визначаємо допоміжний час, для операції, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.16)$$

де $T_{уст} = 1,5 \text{ хв}$ - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 1,2$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 0,7 \text{ хв}$ - час на вимірювання [5].

$$T_d = 1,5 + 1,2 + 0,7 = 3,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (6.17)$$

$$T_{оп} = 3,63 + 3,4 = 7,03 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 7,03 \cdot 0,04 = 0,36 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_d. \quad (6.18)$$

$$T_{шт} = 7,03 + 0,36 = 7,39 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/N, \quad (6.19)$$

де $T_{пз} = 30$ хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою, кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 94$ шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 7,39 + 30/82 = 7,78 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для операції вертикально-фрезерна, за формулою:

де $T_{уст} = 2,1$ хв - час на установку і зняття заготовки (на один установ) [5];

$T_{уп} = 1,8$ - допоміжний час з управління верстата [5];

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$T_{\text{вим}} = 1,5 \text{ хв}$ - час на вимірювання [5].

$$T_{\text{д}} = 2,1 + 1,8 + 1,5 = 5,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{\text{оп}} = 5,4 + 1,2 = 6,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\% = 6,4 \cdot 0,04 = 0,24 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = 6,4 + 0,24 = 6,64 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

де $T_{\text{п.з}} = 30 \text{ хв}$ - підготовчо-заключний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 82 \text{ шт.}$ - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 6,64 + 30/82 = 7,02 \text{ хв.}$$

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

У базовому технологічному процесі деталь точиться на старому універсальному обладнанні. Для вдосконалення та зниження собівартості деталі обробку будемо проводити на новому устаткуванні із застосуванням пристосування з пневмопривідним. Ескіз на операцію приведений у попередньому пункті (рис. 6.3).

На цю операцію заготівля надходить із остаточно обробленими базовими поверхнями. Маса заготівлі – 3,45 кг. Матеріал – сталь 45. Заготівля має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні, на які буде встановлена заготівля в пристосуванні. Уточнимо точнісні параметри поверхонь, які можуть бути базовими.

Точність розмірів, що витримуються на операції

На вертикально-фрезерній операції формуються такі розміри:

а) паз шириною 5P9 Довжина складає 10 мм. Допуск на розмір приймаємо за кваліфікацією H14. Отже допуск становить 0,36 мм, тобто $10+0,36$. Глибина паза складає $3+0,1$ мм.

б) також на кресленні деталі проставлений розмір R0,25 – цей розмір формується інструментом, тому поле допуску на нього не проставляємо [12].

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначено допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, що зумовлює цю поверхню.

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір $10+0,36$ він становить 60% від поля допуску. Т= згідно [12] для 15 ступеня точності він дорівнює 0,25 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,25 мм.

Відхилення від нахилу осі паза щодо осі симетрії паза приймаємо в межах допуску на розмір $10+0,36$ мм, він становить 60% від поля допуску. Т= згідно [12]

						ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			47

для 15 ступеня точності він дорівнює 0,25 мм. Приймаємо, що відхилення від площинності дорівнює 0,25 мм.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь зазначених на кресленні має значення: шорсткість згідно креслення – Ra 6,3 мкм, бічних поверхонь паза – Ra3,2 мкм.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Циліндричні поверхні $\varnothing 25,5h9$ мм, $\varnothing 18h14$ мм. Відхилення на розмір вибрано згідно стандарту. Допуск на поверхні $\varnothing 25,5h9$ становить $T_{25,5}=52\text{мкм}$. Допуск поверхню $\varnothing 18h14$ становить $T_{18}=430\text{мкм}$. Поверхні $\varnothing 25,5h9$ мм виступають як подвійна напрямна база, а поверхня $\varnothing 18h14$ як опорна база.

Точність форми базових поверхонь

Спотворення циліндричних поверхонь $\varnothing 25,5h9$ і $\varnothing 18h14$ характеризуються відхиленням від циліндричності та круглості. Оскільки Спотворення циліндричних поверхонь $\varnothing 25,5h9$ і $\varnothing 18h14$ характеризуються відхиленням від циліндричності та круглості. Оскільки допуски циліндричності і круглості не обумовлені, приймаємо допуск ними не більше 30% допуску на діаметри, тобто. допуск циліндричності та круглості для розміру $\varnothing 25,5h9$ становить $0,52 \cdot 0,3 = 0,156\text{мм}$, а для розміру $\varnothing 18h14$ становить $0,43 \cdot 0,3 = 0,129\text{мм}$. Скоригувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності4 становить $T=0,2$ мм, що відповідає 14 ступеня точності [12]. Для розміру $\varnothing 25,5h9$ становить $T=0,16$ мм, що відповідає 13 ступеня точності [12].

Точність розташування базових поверхонь.

Допуск радіального биття 0,06 мм на розмір $\varnothing 25,5h9$ встановлено відповідно до стандарту [12].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість на розмір $\varnothing 18h14$ становить Ra 6,3 мкм

Шорсткість на розмір $\varnothing 25,5h9$ становить Ra 3,2 мкм.

						ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			48

У проектуваному пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 10 мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 6.2.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 7.1.

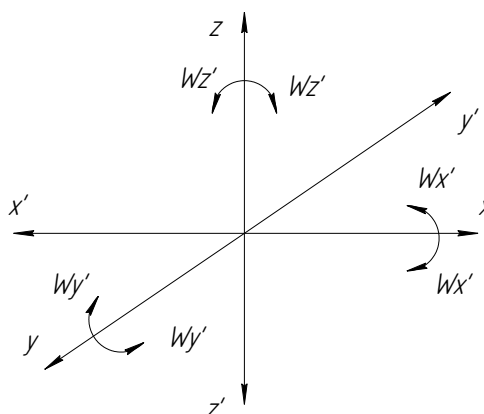


Рисунок 7.1 - Система координат

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	R

З таблиці 7.1 видно, що на заготовку накладено 11 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загальної компоновання пристрою.

З набору функцій, наведених у п.5, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. 3,4 Функції впливають на підготовчо-заклучний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

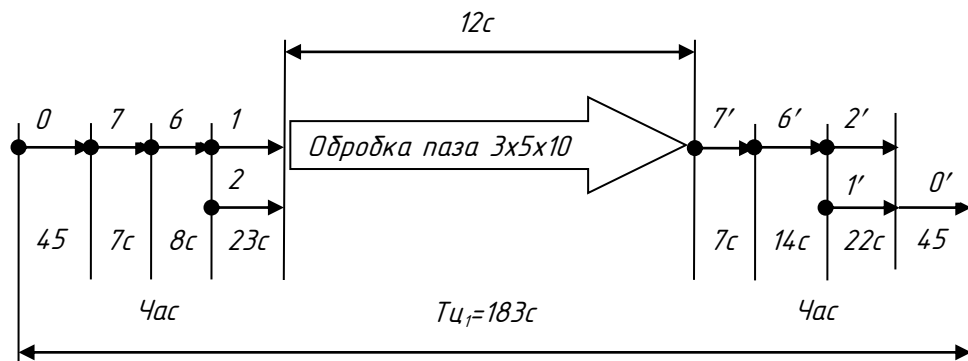


Рисунок 7.2 - Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рис. 7.2).

Функціональна структура пристосування представлена на рис. 7.3.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій – верстат.

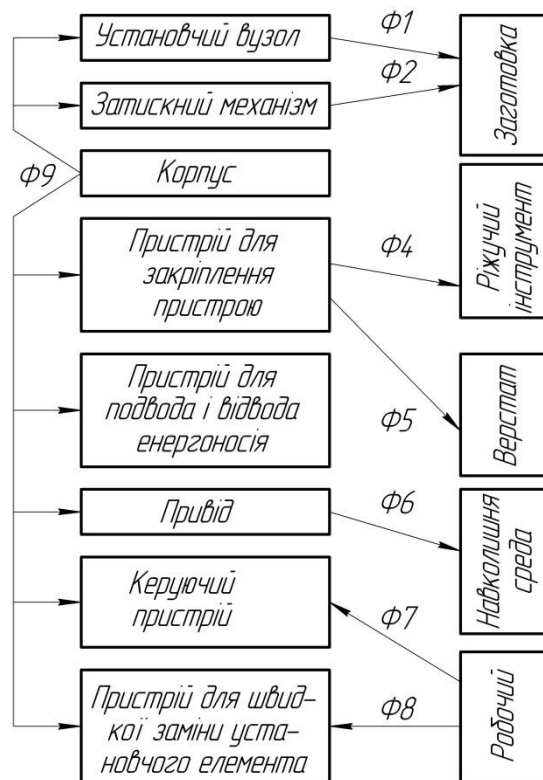


Рисунок 7.3 - Функціональна структура пристрою

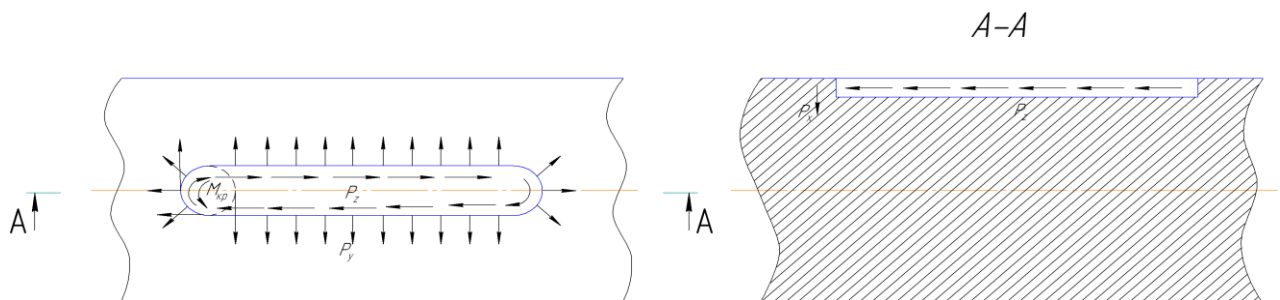


Рисунок 7.4 – Структура поля збудуючи і стабілізуючих сил

Силіві потоки, що виникають при обробці, створюють напруження згину на всій довжині вала.

Однак достатня маса заготовки і висока її характеристика жорсткості, за рахунок застосування настановних елементів гасять ці напруги і не викликають деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (7.1)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу. $k_0 = 1,5$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

k_2 – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2 = 1,6$);

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ($k_3 = 1$);

k_4 – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення механізму ($k_4 = 1,2$);

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5 = 1$);

k_6 - коефіцієнт враховує моменти, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою 7.1:

$$K = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,95$$

Режими різання розраховані у пункті 6.5, сили різання по осям складають

$$P_y = 235 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 1 = 106H ;$$

$$P_z = 820 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 1 = 369H ;$$

$$P_x = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 369 = 185H .$$

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{P_x^2 + P_x^2 + P_x^2} \quad (7.2)$$

Коефіцієнт тертя згідно [12] : $f = 0,25$;

$$W = \frac{5,184}{0,16} \cdot \sin \frac{90}{2} \cdot \sqrt{106^2 + 369^2 + 185^2} = 9666 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 4579 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{9666}{1,5} = 6444 \text{ Н}$$

Так як деталь досить довга, тому раціонально застосувати два пневмоциліндри, що будуть безпосередньо діяти на шийки деталі.

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$$

Тоді площа поршня дорівнюватиме: $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}$

де D - діаметр поршня;

$P = 0,4$ МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$ - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6444}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,123 = 123 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного поршня: $D=125$ мм.

Робимо перерахунок сили, що виникає на штоку та сили закріплення.

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,85 = 6568 \text{ Н.}$$

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 6568 = 9852 \text{ Н.}$$

Точнісні розрахунки пристрою.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків обробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести жорсткий допуск на кресленні $157_{-0,78} \text{ мм}$.

Деталь базується на даній операції по поверхні $\varnothing 32$ тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність за формулою [14]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (7.7)$$

де T - допуск розміру $T_{157} = 0,78 \text{ мм} = 780 \text{ мкм}$;

K_T - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо $K_T = 1,2$;

K_{T1} - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку $K_{T1} = 0,85$;

ε_{σ} - похибка базування заготовки, $\varepsilon_{\sigma} = 0,25 \text{ мм} = 250 \text{ мкм}$ (визначена раніше).

ε_3 - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо $= 0$;

ε_y - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

ε_n - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься фрезами, що не мають перекосу. Тобто похибка перекосу = 0.

ε_u похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні.

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [14] $K_{T2} = 0,6$;

w - середня економічна точність обробки, по [14] при фрезеруванні площин середня економічна точність - 11 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 11-му квалітету тобто $w = 150$ мкм;

ε_{noz} - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата МР-75 = 5 мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{i0} = 250 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 5^2 + (0,6 \cdot 11)^2 + 0^2} = 250 - 16 = 234 \text{ мкм}$$

За [11] приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування $T=200$ мкм

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,2 мм.

Пристрій складається з плити, на якій змонтований пневмоциліндр і призми. Подача стисненого повітря в нижні та верхні порожнини циліндра відбувається через триходовий розподільний кран. При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через шток створює тиск на прихват, який закріплює мою деталь при обробці паза. При надходженні повітря у верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес – з нижньої порожнини повітря в атмосферу у вигляді перемикання.

Усі деталі та вузли пристосування піддати візуальному контролю, виявлені дефекти усунути.

1. До столу верстата прикріпити корпус пристосування та плиту 5

2. До плити 5 за допомогою болтів 15 та штифтів 28 прикріпити призми 6,7.

3. До плити 5 за допомогою гвинта 17 прикріпити циліндр 3 який встановити попередньо зібраний поршень у зборі 8затягнувши поршень шайбою 24 і гайкою 19; зверху надіти кришку 14.Шайбу закріпити гвинтом 16.

4. На стійку 4 надіти пружину 23, шайбу 25, прихват 9, загвинчений в шток 13 пневмокамери, зверху надіти сферичні шайби 10,11 і закрутити двома гайками 18.

5. До столу верстата прикріпити розподільний кран.

Специфікація на верстатний пристрій наведена в додатку В.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

ВИСНОВОК

У ході виконання дипломного проекту було виконано наступний обсяг робіт:

Проведено аналіз службового призначення виробу, вузла виробу – лебідки ручної та деталі – вал. Крім того, виконано опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.

Здійснено аналіз технічних тренувань на виготовлення деталі вал, де проаналізовано матеріал деталі, точність розмірів та шорсткості, що висувається до деталі.

Визначено тип виробництва – дрібносерійний (при річному випуску деталей 1000 штук) та організаційні умови роботи. Крім цього, було визначено такт виробництва, який становив 82 штуки.

Зроблено вибір методу отримання заготовки та розрахунок заготовки, отриманої обраним методом – штампування на ГKM. В результаті розрахунків отримали заготівлю з мінімальними припусками, ступенем складності C2, групою стали M2, вихідним індексом 12 та класом точності T4. Також за результатами розрахунку заготівлі було спроектовано креслення заготівлі.

Здійснено аналіз технологічної операції технологічного процесу. Для аналізу було взято операції токарна з ЧПК та вертикально-фрезерна.

Розраховано режими різання. Для фрезерування паза режими різання вважають аналітичним способом. Також наведено нормування технологічної операції.

Крім того, було проаналізовано схему базування заготівлі. В результаті прийнято закріпити деталь у спеціальній пристрій, у якому заготівля буде позбавлена п'яти ступенем свободи.

Також для операцій було обрано необхідні ріжучі інструменти.

Як аналіз круглошліфувальної операції було розроблено операційне налагодження.

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.

2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.

4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.

7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.

10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Приходько, В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.

14. Паливода Ю. Є. Розмірні ланцюги : навчально-методичний посібник / укладачі : Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.

15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

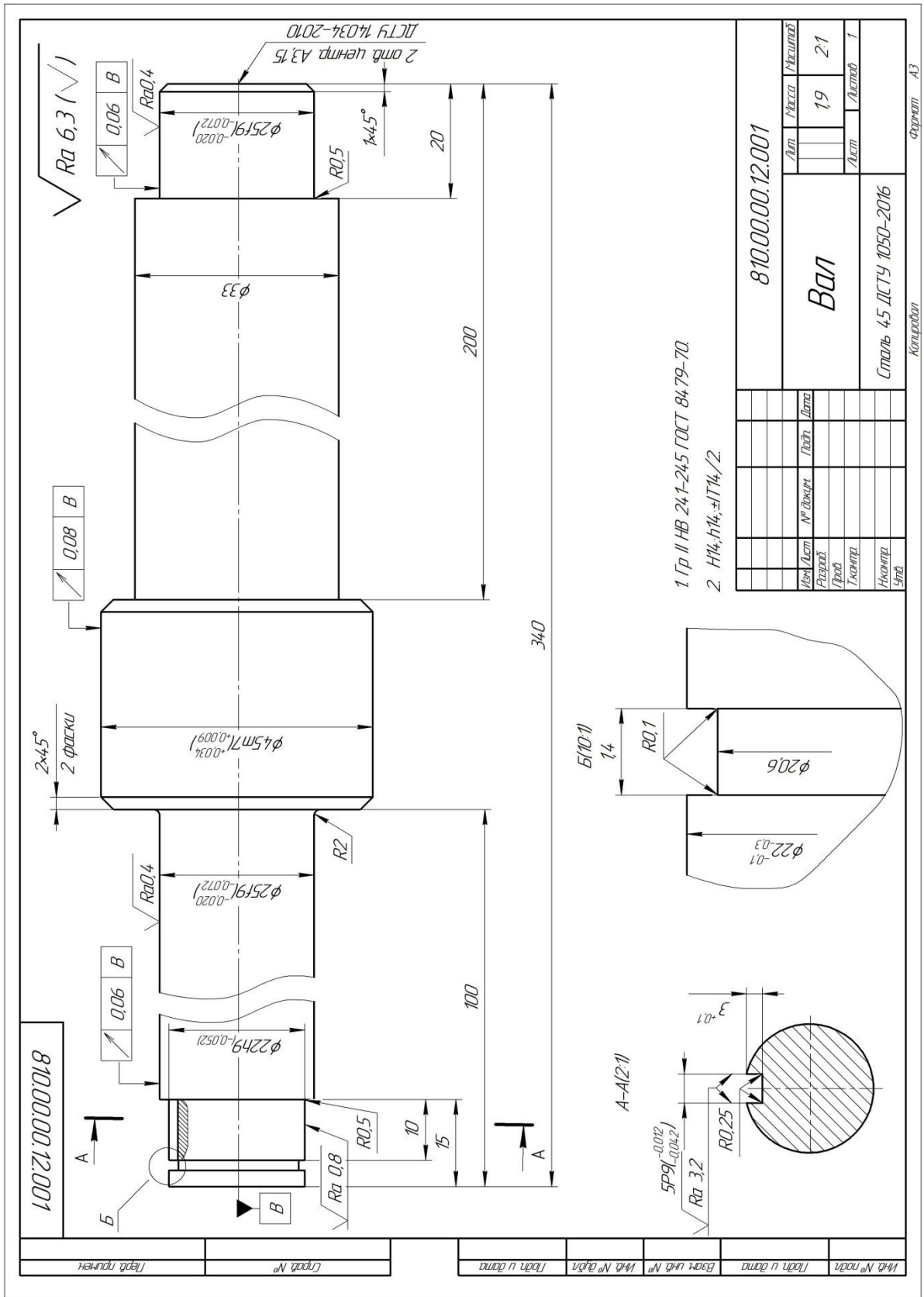
апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

16. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

					ТМ 22510164–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись
Дата			

ТМ 22510164-00 ПЗ

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Имя программы - 'prip'
 Вычислительный центр инженерного факультета СумГУ 18.05.2024

Расчет выполнен для Titov, группа - ТМ-01-2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - наружная цилиндрическая поверхность ϕ 25-0.020
 -0.053

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Преде- льные откло- нения, мм	Элементы припуска, мкм					
			шерохо- ватость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	протр отклон p (i-1)	погрешность базир ЕБ (i)	закр Ез (i)	
Поковка ковкой на молотах	гр.точн. II	+1.4	-	-	-	-	-	-
	ГОСТ 7062-79	-0.7						
Точение черновое	квалитет 12	0	50	50	85	100	320	
		-0.1000						
Точение чистовое	квалитет 10	0	25	25	71	25	50	
		-0.400						
Шлифование	квалитет 8	-0.020	10	5	57	5	20	
		-0.053						

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расчет- ный размер, мм	расчет- ный размер	номинальный размер с пределными отклонениями	пределный размер	мини- мальн мальн	макси- мальн мальн	миним	расч.	макс	припуск, мкм
-	-	25.958	25.96	28.342	+1.300	28.412	29.342	-	-	-
					-0.700					
1070	2070	20.961	20.97	27.342	0	26.342	27.342	1070	2070	3070
					-1.000					
342	1342	20.21	20.3	26.000	0	25.164	26.000	342	1342	1742
					-0.400					
144	1144	19.98	19.98	25.000	-0.020	24.497	25.000	144	1144	1197
					-0.053					

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А

ДОДАТОК В
СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Формат Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документація</i>					
A1		ТМ 22510164-07-0100.00 СБ	Складальне креслення	1	
<i>Складальні одиниці</i>					
A4	1	ТМ 225120164-07-0101.00	Трубопровід	1	
A4	2	ТМ 22510164-07-0102.00	Трубопровід	1	
<i>Деталі</i>					
A3	3	ТМ 22510164-07-0100.01	Кришка	1	
A4	4	ТМ 22510164-07-0100.02	Палець	1	
A3	5	ТМ 22510164-07-0100.03	Плита	1	
A3	6	ТМ 22510164-07-0100.04	Поршень	1	
A3	7	ТМ 22510164-07-0100.05	Призма	1	
A3	8	ТМ 22510164-07-0100.06	Призма	1	
A4	9	ТМ 22510164-07-0100.07	Прихват	1	
A4	10	ТМ 22510164-07-0100.08	Стійка	1	
A3	11	ТМ 22510164-07-0100.09	Циліндр	1	
A4	12	ТМ 22510164-07-0100.10	Шайба сферична	1	
A4	13	ТМ 22510164-07-0100.11	Шайба сферична	1	
A3	14	ТМ 22510164-07-0100.12	Штак	1	
ТМ 22510164-07-0100.00					
Изм. / Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разроб.		Титарь			Лит
Проб.		Нешта			Лист
Нконтр.		Івченко			Листов
Утв.		Іванов			Д/П
Пристрій для фрезерування					1
Сум ДУ, ТМ-01-2					2
<i>Копіровал</i>					Формат А4

ДОДАТОК Г

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Небезпечні зони устаткування. Класифікація та призначення засобів захисту

Створення безпечних умов праці на виробництві було і залишається одним з головних пріоритетів. Найбільшою цінністю держави є людина – це означає, що для кожного конкретного працівника повинні бути створені безпечні умови на виробництві.

Безпека праці являє собою сукупність вимог, встановлених законодавчими актами, нормативно-технічними та проектними документами, правилами та інструкціями, виконання яких забезпечує безпечні умови праці і регламентує поведінку працюючого.

Безпечні умови праці – це стан умов праці, при яких вплив на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів виключено або вплив шкідливих виробничих факторів не перевищує гранично допустимих значень.

В разі появи небезпеки є можливість завдати шкоду здоров'ю людини, тому потрібно робити всі необхідні заходи, спрямовані на її ліквідацію. В літературі можна зустріти такі визначення поняття «небезпека»:

– небезпека – це негативна властивість живої та неживої матерії, що здатна спричинити шкоду самій матерії: людям, природному середовищу, матеріальним цінностям;

– небезпека – це умова чи ситуація, яка існує в наколишньому середовищі і здатна призвести до небажаного вивільнення енергії, що може спричинити фізичну шкоду, поранення та/чи пошкодження.

Безпека людини – це поняття, що відображає саму суть людського життя, її ментальні, соціальні і духовні надбання. Безпека людини є невід'ємною складовою характеристики стратегічного напрямку людства, що визначений ООН як «сталий людський розвиток», такий розвиток, який веде не тільки до

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

економічного, а й до соціального, культурного, духовного зростання, що сприяє гуманізації менталітету громадян і збагаченню позитивного загальнолюдського досвіду.

Небезпечна зона – це простір, в якому діють постійно або виникають періодично чинники, небезпечні для життя і здоров'я людини. Небезпека локалізована навколо рухомих елементів: ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, планшайби, зубчастих, ремінних та ланцюгових передач, робочих столів верстатів, конвеєрів, що переміщуються підйомно-транспортних машин, вантажів і т.д. Особлива небезпека створюється у випадках, коли можливе захоплення одягу або волосся працюючого рухомими частинами обладнання.

Наявність небезпечної зони може бути обумовлено небезпекою поразки електричним струмом, впливу теплових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих парів і газів, пилу, можливістю травмування відлітаючими частинками матеріалу заготовки та інструменту при обробці, вильотом оброблюваної деталі з-за поганого її закріплення або поломки.

Розміри небезпечної зони в просторі можуть бути постійними (зона між ременем і шківом, зона між вальцями і т.д.) і змінними, (поле прокатних станів, зона різання при зміні режиму та характеру обробки, зміна різального інструменту і т. д.).

При проєктуванні технологічного устаткування і при його експлуатації необхідно передбачати застосування пристроїв, що або виключають можливість контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту.

Засоби захисту працюючих за характером їх застосування поділяються на дві категорії: колективні, індивідуальні.

Засоби колективного захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи:

– нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць;

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- нормалізації освітлення виробничих приміщень та робочих місць;
- засоби захисту від іонізуючих випромінювань, інфрачервоних випромінювань, ультрафіолетових випромінювань, електромагнітних випромінювань, магнітних і електричних полів, випромінювання оптичних квантових генераторів, шуму, вібрації, ультразвуку, ураження електричним струмом, електростатичних зарядів, від підвищених і знижених температур поверхонь обладнання, матеріалів, виробів , заготовок, від підвищених і знижених температур повітря робочої зони, від впливу механічних, хімічних, біологічних чинників.

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи: ізолюючі костюми, засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засоби захисту від падіння і інші аналогічні засоби, захисні дерматологічні засоби.

Всі вживані у виробництві захисні пристрої можна розділити на наступні основні групи:

- охоронні;
- запобіжні;
- блокуючі;
- сигналізуючі;
- системи дистанційного керування; спеціальні пристрої (вентиляція, освітлення, глушники шуму, заземлення);
- індивідуальні захисні засоби (ЗІЗ).

Загальні вимоги до засобів захисту:

- створення оптимальних умов для трудової діяльності
- максимальне зниження небезпек і шкідливостей на робочих місцях, тобто високий рівень захисту;

– облік індивідуальних особливостей устаткування, інструменту, пристроїв або технологічних процесів;

– надійність, міцність, зручність обслуговування машин і механізмів в цілому, включаючи засоби захисту, врахування рекомендацій технічної естетики.

Захисні пристрої – засоби захисту, що перешкоджають попаданню людини в небезпечну зону. Захисні пристрої: стаціонарні (незнімні); рухомі (знімні), переносні. Застосовуються для ізоляції систем привода машин, зон обробки деталей, зон інтенсивного випромінювання, виділення шкідливих ечовин. Конструктивно вирішення цього питання залежить від різновиду устаткування, місця роботи працівника, специфіки шкідливих виробничих факторів, що супроводжують технологічний процес.

Стаціонарні огорожі демонтуються лише періодично (зміна робочого інструменту, мастило, перевірка контрольних вимірювань і т.д.). Вони виконуються так, що пропускають оброблювану деталь, але не пропускають руки робочого. Такі огорожі можуть бути повними, коли локалізується небезпечна зона разом із машиною, або частковою, коли ізолюється лише небезпечна частина машини. Прикладом повної огорожі є огорожі розподільчих пристроїв електрообладнання, вентиляторів, корпусу електродвигунів, насосів.

Рухома огорожа закриває доступ в робочу зону при настанні небезпечного моменту (особливо поширено у верстатобудуванні).

Переносні огорожі використовуються при ремонтних і налагоджувальних роботах для захисту від випадкових дотиків до струмопровідних частин, а також від механічних травм і опіків. Крім того, їх застосовують на постійних робочих місцях зварювачів.

Огорожі виконуються у вигляді зварних і литих кожухів, ґрат, сіток, щитків, екранів, вірьовок з прапорцями і т.д.

Запобіжні захисні засоби застосовуються для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметра за межі допустимих

значень. На установках, що працюють під тиском більше атмосферного, використовуються запобіжні клапани важеля, пружинного і мембранного типу. У разі утворення вибуху, пожежонебезпечних сумішей, при концентраціях 5-50% від вибухонебезпечної, спрацьовує аварійна вентиляція. При підвищеному тиску в ресиверах застосовують теплові реле, що вимикають двигун при збільшенні температури зріджуваного повітря понад припустимого значення.

У електромагнітних плитах для закріплення оброблюваного матеріалу, підйому і перенесення різних виробів слід передбачити запасну проводку від запасного джерела живлення, обмежувачі руху, кінцеві вимикачі, гальмівні і утримуючі пристрої і т.д. Введення слабкої ланки полягає у внесенні до конструкції технологічного устаткування деталей і вузлів, розрахованих на руйнування (або неспрацьовування) при перевантаженнях (штифти, що зрізають, шпонки, фрикційні муфти, плавкі запобіжники в електроустановках, розривні мембрани і т.д.).

Блокуючі пристрої виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний чинник на час перебування людини в цій зоні (механічні, електричні, фотоелектричні, радіаційні, гідравлічні, пневматичні, комбіновані).

Сигналізуючі пристрої - це засоби інформації про роботу технологічного устаткування, а також про небезпечні і шкідливі чинники, які при цьому виникають. За призначенням системи сигналізації діляться на оперативні; попереджуючі; пізнавальні. За способом інформації: звукові; візуальні; комбіновані; одоризаційні (по запаху, в газовому господарстві).

До сигналізуючих пристроїв візуальної інформації можна віднести опізнавальне забарвлення трубопроводів, електропроводів і знаки безпеки.

Трубопроводи фарбують в наступні кольори: вода - зелений; пара - червоний; повітря - синій; горючі і негорючі гази - жовтий; кислоти - оранжевий; луж - фіолетовий, горючі рідини - коричневий; інші речовини - сірий.

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Електричні дроти по приналежності виконують з ізоляцією наступних кольорів:

- чорний - для провідників в силових ланцюгах;
- червоний - для провідників в ланцюгах управління, вимірювання і сигналізації змінного струму;
- синій - для провідників в ланцюгах управління, вимірювання і сигналізації постійного струму;
- зелено-жовтий (двобарвний) - для провідників в ланцюгах заземлення;
- блакитний - для провідників, сполучених з нульовим дротом і не призначених для заземлення.

Знаки безпеки широко застосовуються практично у всіх сферах діяльності, на транспорті, наприклад:

- що забороняють (не включати - працюють люди; наскрізний проїзд заборонений);
- застережливі (стій - напруга; не влізай - уб'є; небезпечний поворот);
- що вирішують (працювати тут);
- вказівні (заземлено).

До засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) відносяться: ізолюючі костюми; засоби захисту органів дихання (респіратори, марлеві пов'язки, протигази і ін.); спецодяг (костюми, фуфайки, халати і ін.); спецвзуття (черевики, чоботи і ін.); засоби захисту голови (каска, шапки і ін.); засоби захисту особи, очей, органів слуху; захисні дерматичні засоби.

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						