

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-науковий перший (бакалаврський)
рівень 133 «Галузеве машинобудування»
Спеціальність (шифр і назва)
Освітня програма «Металорізальні верстати та системи»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

« _____ 2024 року

» _____

ЗАВДАННЯ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Пархоменко Михайло Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення вала-шестерні 16Б20П.061.070 фартуха токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16

керівник проекту Довгополов Андрій Юрійович, канд. техн. наук, ст.викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» квітня 2024 року № 0447-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «1» червня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) деталь – «Вал-шестерня» токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі

4.2 Розроблення робочого креслення заданої деталі

4.3 Аналіз структурних сіток

4.4 Вибір способу отримання заготовки

4.5 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

4.6 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

4.7 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

4.8 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення деталі

5.2 Креслення вихідної заготовки

5.3 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.4 Креслення операційного налагодження

5.5 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «__» _____ 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Конструкторсько-технологічна частина	30.04.2024	
2	Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	06.05.2024	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2024	
4	Оформлення креслень	24.05.2024	

Студент

_____ (підпис)

Михайло ПАРХОМЕНКО

_____ (ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Андрій ДОВГОПОЛОВ

_____ (ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

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 133 – Галузеве машинобудування, освітньо-професійної програми «Металорізальні верстати та системи»

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення вала-шестерні 16Б20П.061.070 фартуха токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16

Здобувача групи МВ-01/1 Пархоменка Михайла Андрійовича

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

_____ Михайло ПАРХОМЕНКО

Керівник старший викладач, к.т.н., Андрій ДОВГОПОЛОВ _____

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

РЕФЕРАТ

Записка: 70 с., 17 рис., 14 табл., 14 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь «Вал-шестерня», яка входить до складу фартука токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16.

Мета роботи – розроблення креслення та технологічного процесу виготовлення деталі «Вала-шестерні».

В роботі виконано аналіз службового призначення верстата моделі 16Б16, вузла фартук та деталі «Вала-шестерня». Також проаналізовано технічні вимоги, що пред'являються до деталі та її конструкції. За допомогою техніко-економічного обґрунтування був обраний раціональний метод отримання заготовки для даних умов виробництва.

На прикладі двох механічних операцій: фрезерно-центрувальної та вертикально-фрезерної з ЧПК було продемонстровано іновації, що були впроваджені в технологічний процес виготовлення деталі. Також виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування досліджуваних операцій.

У графічній частині роботи виконані креслення деталі, заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію.

У додатку «Охорона праці» розглянуто небезпечні зони устаткування та їх класифікацію.

**ВЕРСТАТ, ФАРТУК, ВАЛ ШЕСТЕРНЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
РЕЖИМИ РІЗАННЯ**

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	3
1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	4
2 Аналіз структурних сіток кінематичних вузлів верстата.....	9
3 Розроблення робочого креслення заданої деталі.....	13
4 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання вихідної заготовки	16
5 Розроблення технологічного процесу виготовлення заданої деталі.....	21
5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь.....	21
5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки	23
5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата	27
5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	29
5.5 Визначення режимів різання.....	30
6 Розроблення верстатного пристрою.....	46
Висновок	58
Перелік джерел посилання	59
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

ВСТУП

Машинобудування - галузь обробної промисловості з виробництва різноманітних машин і устаткування, що виготовляє засоби виробництва.

Машинобудування характеризує промисловий розвиток країни і робить великий внесок, пов'язаний зі створенням матеріальної бази суспільства. До його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Технологія машинобудування - це галузь науки, яка займається вивченням, удосконаленням виготовлення машин необхідної якості, покращенням технологічних процесів їх виготовлення, у встановленій виробничою програмою кількості і в задані строки при найменшій собівартості.

В даний час помічається швидке і багаторазове ускладнення машин, об'єднання їх у великі комплекси, зменшення їх металоємності і підвищення їх силової та електричної напруженості. З підвищенням зносостійкості деталей машин зменшуються витрати матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працівників і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Розробляються способи оптимізації технологічних процесів, спрямованих на досягнення необхідної точності, продуктивності та економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей та надійності роботи машини.

Створюються і розвиваються системи автоматизованого управління ходом технологічного процесу з його оптимізацією за всіма основними параметрами виготовлення і необхідним експлуатаційним якостям. Розгортаються роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного транспорту та контролю і робототехніки.

Таким чином, розроблення креслення і технологічного процесу виготовлення «Вала шестерні» є актуальним завданням.

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

Деталь «Вал-шестерня», що запропонована для розгляду у даному дипломному проекті є однією з найважливіших деталей токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16 (рис. 1.1).

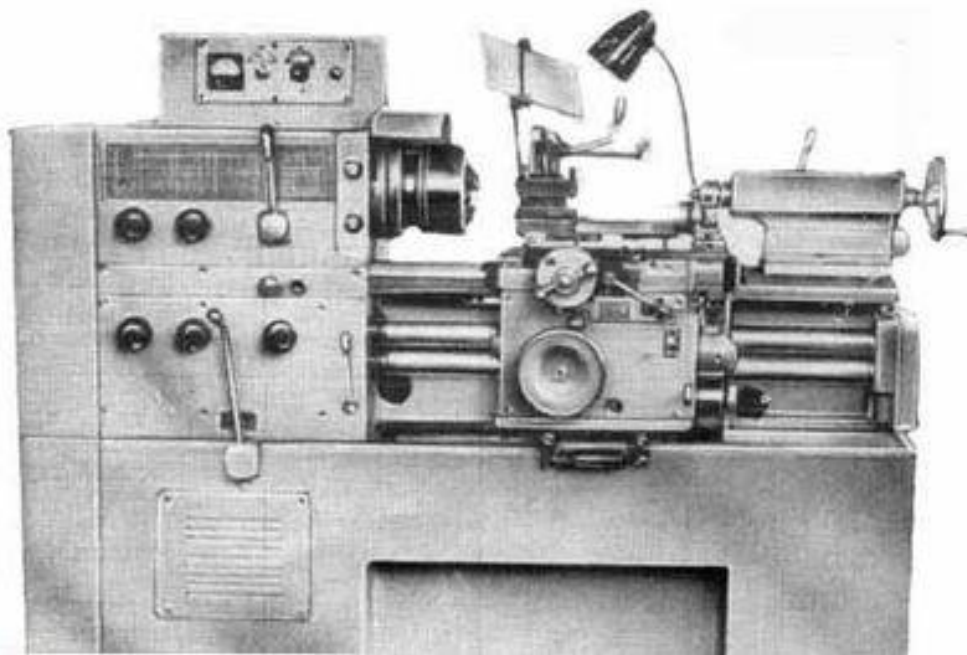


Рисунок 1.1 – Верстат моделі 16Б16

Багато різноманітних верстатів виготовляли раніше і кожен мав своє особливе призначення. Велику кількість верстатного парку складають токарні верстати. Згідно з класифікацією металорізальні верстати поділяються на різні типи і класи, що відрізняються за призначенням, конструктивним компонуванням, ступенем автоматизації та іншими ознаками.

Токарний верстат 16Б16 призначений для виконання кінцевої обробки виробів різних видів. Для верстата 16Б16 характерним є виконання токарних робіт нормальної точності. Він здатний обробляти деталі діаметром 320 мм. Для верстата характерна чиста та точна обробка заготовок. Токарно гвинторізний верстат 16Б16 має високу надійність. Працювати на ньому можна за умов високої

температури повітря. Для всіх операцій на токарному верстаті характерна точність і висока чистота виконання різьблення. Це пов'язано з тим, що у ньому всі деталі конструкції мають високу точність, опори шпинделя оснащені підшипниками високої точності.

Всі верстатні елементи мають балансування високого ступеня. Для токарного верстата 16Б16 характерна безступінчасте регулювання швидкості обробки різних діапазонах.

Особливості токарного верстату 16Б16:

- коробка передач верстата має тривалий термін служби, що є наслідком застосування клинопасової системи;
- ручка на фартуху токарного верстата 16Б16 дозволяє контролювати частоту обертання шпинделя;
- верстатний супорт і санки здатні переміщатися прискорено поздовжньо і поперечно;
- передня бабка оснащена двома переборами з різними передатними числами;
- токарний верстат має різцетримач особливої конструкції, який дозволяє оператору при обробці деталі швидко віднімати інструмент від заготовлі;
- обладнання 16Б16 має категорію точності "Н";
- верстат може працювати в декількох режимах, це можливо через використання на ньому електроприводу тиристорного типу;
- на фартуху верстата є рукоятка, що управляє переміщеннями поздовжніх санок і супорта в прискореному режимі.

Основними параметрами верстатів є найбільший діаметр оброблюваної деталі над станиною і найбільша відстань між центрами. Важливим розміром верстата є також найбільший діаметр заготовки, що обробляється над поперечними салазками супорта. Основні характеристики верстата 16Б16 приведені в табл. 1.1.

Запропонована деталь входить у вузол «Фартук» верстата 16Б16 і є однією з його відповідальних складових.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики верстату 16Б16

Основні параметри верстата	
Клас точності верстата	Н
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	320
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	170
Найбільший діаметр оброблюваного прутка на передньому затиску, мм	50
Найбільший діаметр оброблюваного виробу в патроні, мм	250
Найбільша довжина прутка, мм	700
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	36
Висота центрів, мм	160
Шпиндель	
Потужність двигуна головного руху, кВт	5,5
Кількість робочих швидкостей шпинделя	14
Межі чисел оборотів шпинделя, об / хв	9...1800
Кінець шпинделя фланцевий	
Подачі	
Найбільше переміщення супорта поздовжнє (Z), мм	600
Кількість поздовжніх / поперечних подач супорта	0,03...1,7
Швидке переміщення револьверного супорта, м / хв	2
Кількість інструментів в різцетримачі	4
Переміщення супорта на одну поділку лімба, мм	0,05
Габарити і маса верстата	
Габаритні розміри верстата (довжина, ширина, висота), мм	2420 x 1140 x 1510
Маса верстата, кг	1680

Токарно-гвинторізний верстат 16Б16 використовується для чорнової та чистової обробки сталей, чавунів, кольорових металів, загартованих заготовок, так як станина має литу міцну та жорстку конструкцію, а шпindel встановлений на опорах, які здатні до регулювання зазору в них, а відповідно і жорсткості. Токарна обробка різноманітних матеріалів може проводитися з ударним навантаженням без суттєвого погіршення точності обробки.

Частоти обертання шпінделя, що забезпечуються коробкою швидкостей наступні: 9; 11; 21; 28; 35; 41; 56; 71; 90; 112; 180; 210; 280; 355; 410; 560; 710; 900; 1120; 1800 обертів за одну хвилину.

Даний вузол «Фартук» призначений для забезпечення можливості переміщення супорта у поздовжньому напрямку та салазок поперечної подачі у поперечному напрямку. У фартуку розміщені шестерні, підшипники, вала, шпонки та втулки і зубчасті колеса. Корпус фартука виконаний із чавуну з розточеними отворами та обробленими площинами для того щоб усі деталі, що розміщуються в ньому були в тих місцях де і мають бути і виконували своє призначення та мали високі показники довговічності та надійності. Фартук також призначений для зміни напрямку руху супорта і верхніх салазок за рахунок переміщення блоків зубчастих коліс на шліцьових валах всередині нього.

Даний виріб «Фартук» також може бути встановлений на інших верстатах, на яких приєднувальні розміри аналогічні приєднувальним розмірам верстата, що розглядається, а також мають схожі характеристики.

На рисунку 1.2 зображена деталь «Вал-шестерня» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	6
Основні конструкторські бази	3,5
Допоміжні конструкторські бази	4
Вільні	1,2,7,8

Поверхня 6 є виконавчою, за її допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме передає крутний момент через зубці шестерні.

Поверхні 3 та 5 є основними конструкторськими базами, ці поверхні з'єднуються з бронзовими втулками (підшипниками ковзання) і визначають положення самої деталі у вузлі.

Поверхня 4, що є поверхнею шпонкового паза є допоміжною конструкторською базою, в якій встановлюється шпонка, що і визначає її положення на валу-шестерні.

Всі інші поверхні є вільними і визначають лише форму і розміри деталі та з'єднують виконавчі та базові поверхні.

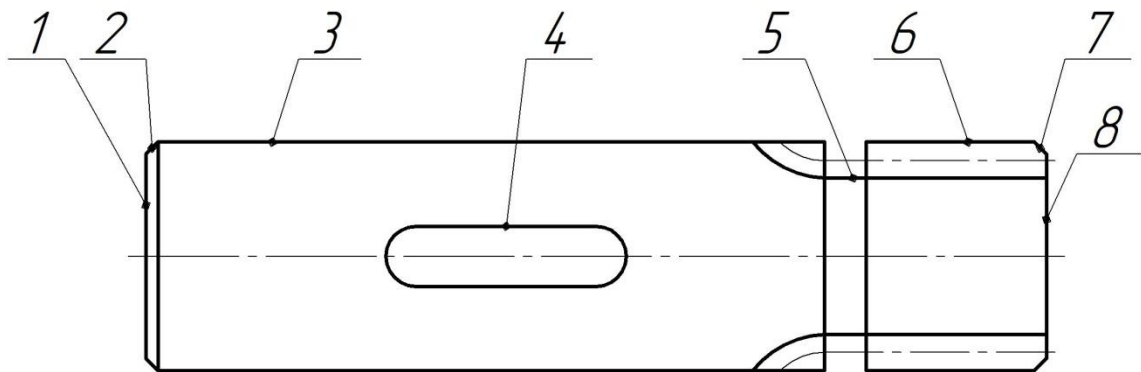


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі з номерами поверхонь

Умови експлуатації.

Деталь «Вал-шестерня» при роботі в вузлі відчуває ударні і циклічні навантаження, які виникають у момент переключення швидкостей. Навантаження сприймають зубці та поверхні шпонкового паза, які працюють на згин та кручення.

Деталь і виріб, також як верстат в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -20 до $+20$ °С.

Шум на рівні 50-120 Дб.

2 АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ СІТОК КІНЕМАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА

В основі будь-якого верстата, що виготовлявся до ХХІ сторіччя було те, що вони мали в якості рушійного приводу асинхронний двигун, який мав одну постійну частоту обертання. Але для того щоб можна було виставляти різні режими обробки на різні переходи технологічного процесу на різні деталі та матеріали необхідно було якимось чином змінювати частоту обертання шпинделя від високих частот обертання до малих. Для цього конструктори верстатів винайшли коробки швидкостей, які мають досить велику кількість передач. Аналіз приводу коробки швидкостей проводимо за такими вихідними даними: $n_{дв} = 970 \text{ хв}^{-1}$, $n_{\min} = 9 \text{ хв}^{-1}$, $\varphi = 1,52$, $Z = 18$.

Структурна формула приводу має такий вигляд:

$$Z = P_1 \otimes P_2 \otimes P_3 \otimes \dots \otimes P_i, \quad (2.1)$$

де Z – кількість швидкісних ступенів коробки швидкостей за завданням;

i – порядок розміщення деякої групи в напрямку передачі руху;

P – кількість передач у групі.

Якщо $Z = 18$, то структурні формули можуть бути такими: $Z = 6 \otimes 3$; $Z = 2 \otimes 9$; $Z = 3 \otimes 3 \otimes 2$; $Z = 2 \otimes 3 \otimes 3$; $Z = 1 \otimes 18$, та деякі інші варіанти. Слід зазначити, що з точки зору математики формули рівнозначні, тому що відповідають вимогам $Z = 18$. З точки зору механіки за цими формулами стоять конструкції коробок швидкостей або подач, і коробка швидкостей, що має на першому валу блок на 3 переключення, а на другому – на 3 переключення, значно відрізняється від коробки швидкостей, у якої на першому валу 3 переключення, а на другому – 2. Оптимальним варіантом з усіх наведених є варіант $Z = 3 \otimes 3 \otimes 2$.

Аналіз кінематичної схеми.

Ескіз коробки швидкостей верстата в первісному вигляді зображено на рисунку 2.1.

Складання структурних формул у розгорнутому вигляді

Структурна формула містить в собі характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3) \otimes \dots \otimes P_m (X_m) \quad (2.2)$$

Запишемо формули спочатку у загальному вигляді:

$$1) Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3)$$

$$2 \quad 1 \quad 0$$

$$2) Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3)$$

$$1 \quad 2 \quad 0$$

$$3) Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3)$$

$$2 \quad 0 \quad 1$$

$$4) Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3)$$

$$1 \quad 0 \quad 2$$

Отримаємо такі значення після підстановки кількості переключень:

$$1) Z = 4 (4) \otimes 2 (2) \otimes 2 (1)$$

$$2 \quad 1 \quad 0$$

$$2) Z = 4 (2) \otimes 2 (8) \otimes 2 (1)$$

$$1 \quad 2 \quad 0$$

$$3) Z = 4 (4) \otimes 2 (1) \otimes 2 (2)$$

$$2 \quad 0 \quad 1$$

$$4) Z = 4 (2) \otimes 2 (1) \otimes 2 (8)$$

$$1 \quad 0 \quad 2$$

Побудова структурних сіток

Структурні сітки являють собою симетричні діаграми, котрі у розгорнутому вигляді відображають структурні формули та кількість груп переключень. Для того щоб побудувати сітку треба на фоні або ж на полі сітки, яке в свою чергу складається із вертикальних ліній, кількість яких відповідає кількості швидкісних

ступенів привода. Відстань береться між вертикалями, що відповідає $X=1$.

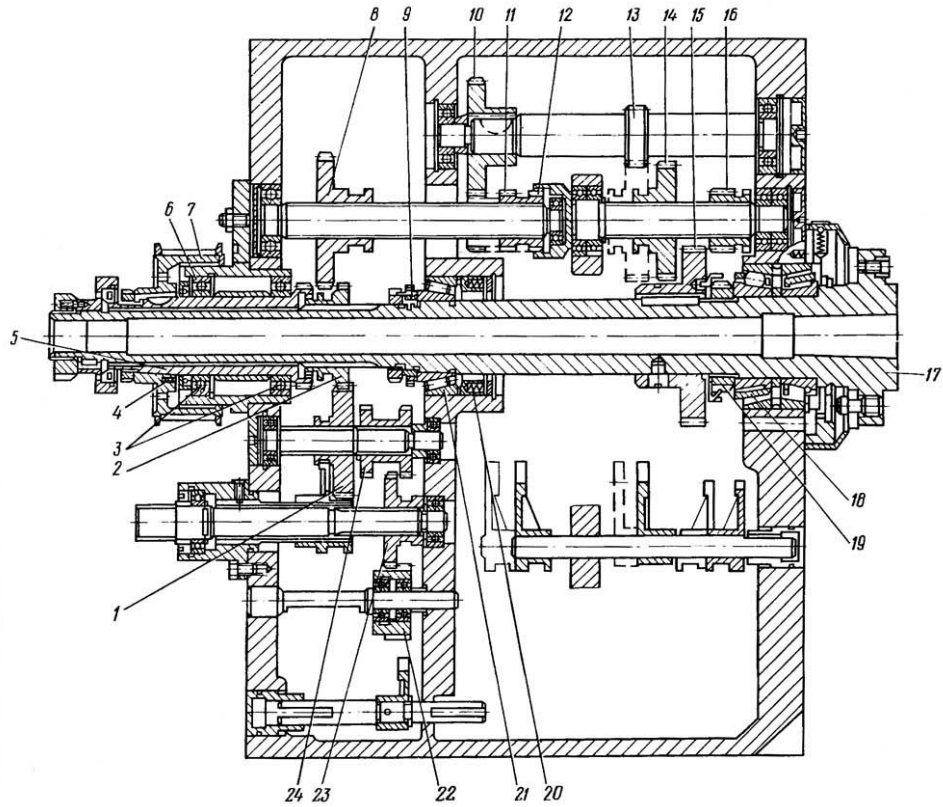
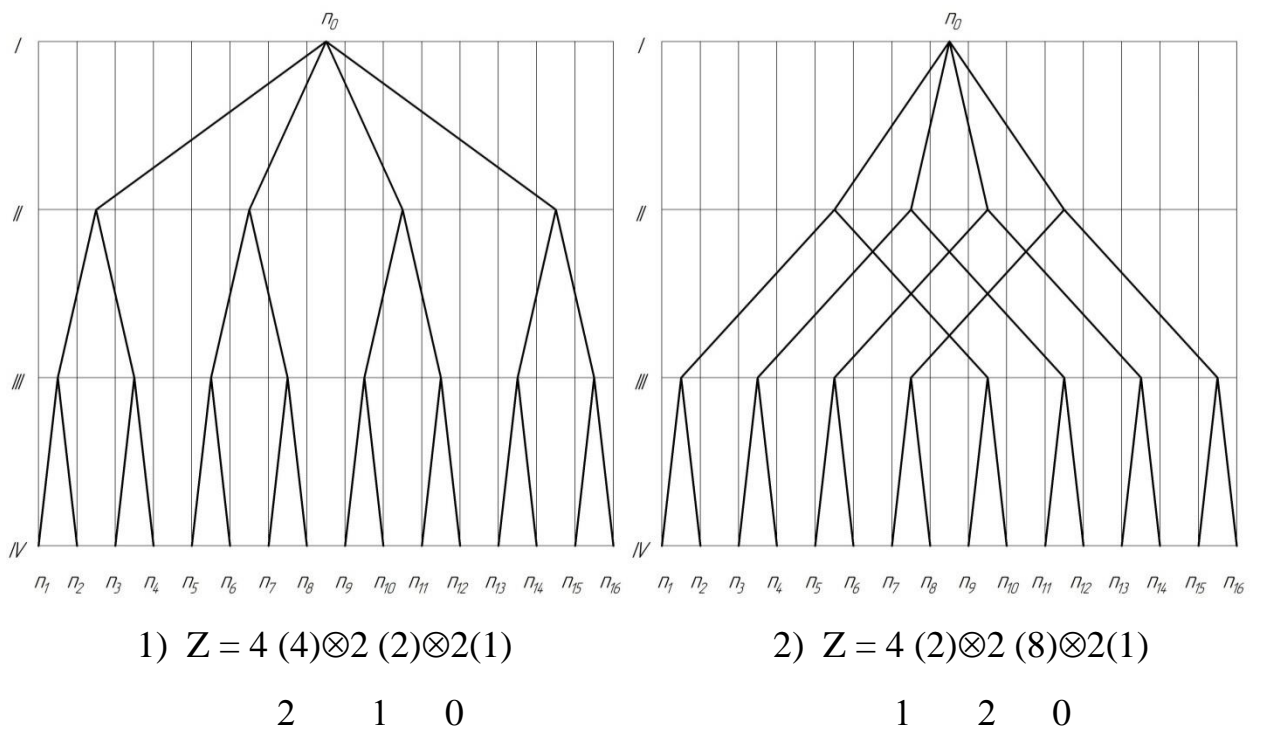
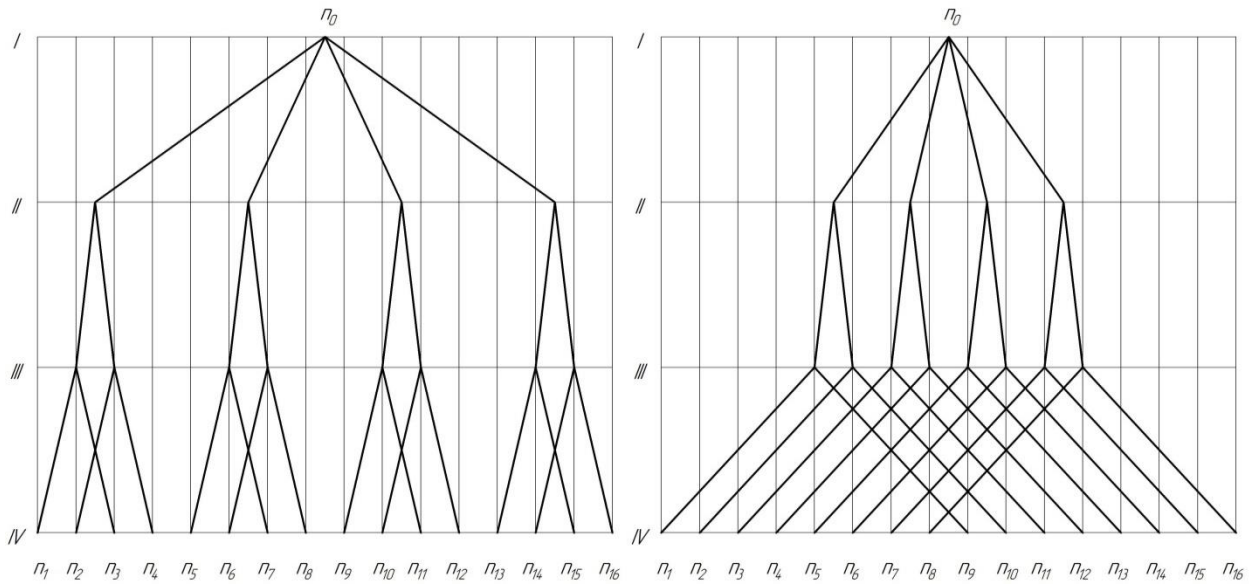


Рисунок 2.1 – Ескіз коробки швидкостей верстата 16Б16





$$3) Z = 4 (4) \otimes 2 (1) \otimes 2 (2)$$

$$2 \quad 1 \quad 0$$

$$4) Z = 4 (2) \otimes 2 (1) \otimes 2 (8)$$

$$1 \quad 0 \quad 2$$

Виконаємо аналіз структурних сіток.

Під час виконання порівняння структурних сіток аналіз показує, що вони мають досить різний вигляд. Оптимальним вважається такий варіант, у якого відрізки, що визначають передатні відношення між валами, поступово розходяться від першого вала до четвертого. Порівняння наведених варіантів дає змогу визначити, що серед представлених найкращий варіант третій, а найгірший-другий. Тому для подальшого графоаналітичного розрахунку зупиняємося на третьому варіанті структурних сіток як оптимальному.

Побудова графіка частот обертання шпинделя:

$n_{\min} = 9 \text{ хв}^{-1}$, $\varphi = 1,56$, а $Z = 18$, то геометричний ряд частот має такі значення: $n_1 = 9$, $n_2 = 11$, $n_3 = 18$, $n_4 = 21$, $n_5 = 28$, $n_6 = 35$, $n_7 = 45$, $n_8 = 56$, $n_9 = 71$, $n_{10} = 90$, $n_{11} = 112$, $n_{12} = 180$, $n_{13} = 210$, $n_{14} = 280$, $n_{15} = 355$, $n_{16} = 450$, $n_{17} = 560$, $n_{18} = 710$. Частота обертання двигуна $n_{\text{дв}} = 970 \text{ хв}^{-1}$. Таким чином ми зберігаємо понижуючу ступінь приводу, адже вона більш актуальна для обробки, бо високі частоти потрібні лише для дрібних заготовок, яких не така велика кількість і для цього краще підходять верстати із меншими габаритами.

3 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

Дана деталь «Вал-шестерня» відноситься до деталей типу валів, так як відношення $l / d > 1$ ($150/38=4,3 > 1$). Деталь сама по собі є досить жорсткою, так як має досить невелику довжину, тобто не буде деформуватися під дією сил закріплення. Внаслідок того, що деталь жорстка можна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Деталь працює з високими крутними моментами, та змінюючими напруженнями на зубцях шестерні, а також на поверхні шпонкового пазу. Змінючі напруження виникають у результаті руху фартука із супортом по станині та протидії силам різання, які намагаються зупинити інструмент і відповідно рух усієї системи. Також на деталь діють сили інерції мас супорта під час його початку руху або закінчення.

На деталі присутній шпонковий паз призначений для посадки шпонки на яку встановлюється зубчата втулка. Загалом поверхня вала шліфувана та термооброблена. Так як вона встановлюється у бронзову втулку, то має бути посадка ковзання по h6.

Зубці треба обрати з таким модулем, щоб мати аналогічним до модулю зубчастої рейки щоб була якісна робота механізму та плавний рух. Тому обираємо модуль 2,5. Поверхня зубців по дільному діаметру повинна мати шорсткість Ra1,6, а також радіальне биття не більше 0,03 мм відносно зовнішньої поверхні, що є основною конструкторською базою, що потрібно для забезпечення плавності руху деталі у вузлі.

У якості матеріалу для подібних деталей таких як деталь «Вал-шестерня» обираємо леговану сталь марки 40X, що містить у своєму складі 0,4% вуглецю, 1% хрому, а інше – залізо. Матеріали замітники – сталь 45, сталь 50, сталь 50Г2, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 3.1. Дана сталь гарно піддається термообробленню, а саме загартуванню в мастилі і набуває гарних механічних властивостей.

Дана сталь і дорожча ніж сталь 45, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної роботи всього механізму необхідно. Також вона досить добре обробляється різанням.

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні властивості сталі 40X та її заміників

Матеріал	σ_b , МПа	Ψ , %	Твердість НВ	Хімічний склад, %					
				C	Ni	Mo	Cr	P	S
Сталь 40X	650	45	193-198	0,38- 0,46	2,1- 2,3	0,8- 1,1	0,8- 1,2	дуже мала доля	
Сталь 45	640	40	190-194	0,38- 0,46	0,17- 0,37	-	0,8- 1,2		
Сталь 40ХН	650	40	196-199	0,38- 0,46	0,9- 1,3	-	0,8- 1,2		

Для виконання деталю її службового призначення необхідно проставити на деталі жорсткі допуски форми і розташування поверхонь, а саме треба встановити допуск радіального биття зовнішньої поверхні зубчастого вінця на рівні не більше 0,03 мм, для того щоб у майбутньому був рівномірний знос зубців вала-шестерні та зубців зубчастої рейки, а також при закріпленні в патроні на зуборізній операції дана деталь не мала великих похибок при обробці зубців. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на токарній з ЧПК та круглошліфувальній операціях.

На деталі є декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме зубчастий вінець що обробляється не на прохід, та для обробки потрібно використовувати фрезу діаметром, який вказано на кресленні, а саме 63 мм, а також закритий шпонковий паз, для обробки якого необхідно застосовувати шпонкову фрезу, що є непродуктивним. Широка та глибока канавка також потрібна для виходу фрези та встановлення стопора.

Способи отримання заготовки не вказані, тому може бути або пластичне деформування, або прокат так як у технічних вимогах не вказана група поковок.

В цілому ж розроблене креслення з усіма вимогами ЄСКД. На кресленні є досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри. Враховуючи всі вищевказані вимоги і конструктивні особливості виконано креслення деталі (додаток А).

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Вал-шестерня», матеріал деталі – сталь 40Х ДСТУ 4543-2016:

- кування на молотах – не раціонально застосувати через достатньо складний профіль деталі, адже у одиничному виробництві потрібно прагнути до максимальної економії, а на кування призначають досить великі припуски через особливість процесу, проте дивлячись на форму та розміри даний спосіб також розглянемо в учбових цілях.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Проте даний спосіб не розглядаємо, оскільки цей спосіб застосовується як правило у великосерійному та масовому виробництві.

- прокат – раціонально застосовувати у одиничному виробництві при невеликих перепадах діаметральних розмірів. Це також знижує коефіцієнт використання матеріалу та збільшує трудомісткість чорнової обробки, проте для даної деталі варто розглянути такий спосіб отримання, адже у технічних вимогах допускається отримання заготовки з прокату.

Виходячи з конфігурації заданої деталі доцільно застосувати гарячекатаний прокат (ДСТУ 4738-2007). Заготовки з прокату застосовуються для деталей, які по конфігурації наближаються до якогось виду даного прокату, коли немає значної різниці в поперечних перетинах деталі і коли можна при отриманні остаточної її форми уникнути зняття великої кількості металу.

Виходячи з маршруту технологічного процесу заводського варіанту заготовкою для деталі є поковка кована діаметром 50 мм і довжиною 200 мм, а

маса становить 4,5 кг. Коефіцієнт використання матеріалу такої заготовки становить 0,24.

Для техніко-економічного порівняння візьмемо також заготовку з прокату діаметром 45 мм і довжиною 155 мм. Невеликий припуск по довжині беремо враховуючи те, що сучасні стрічкові верстати здатні відрізати заготовки з мінімальним перекосом.

$$K_m = \frac{G_d}{G_3}, \quad (4.1)$$

де G_d – маса готової деталі, $G_d = 1,5$ кг;

G_3 – витрата матеріалу на заготовку, кг:

$$G_3 = \frac{\pi d^2 l}{4} \rho, \quad (4.2)$$

де ρ – густина матеріалу заготовки, $\rho = 7,85$ г/см³;

d – діаметр заготовки, $d = 45$ мм;

l – довжина заготовки, $l = 150$ мм.

Тоді

$$G_3 = \frac{\pi \cdot 0,045^2 \cdot 0,15}{4} \cdot 7,85 = 2,2 \text{ кг.}$$

Тоді

$$K_{m1} = \frac{1,5}{2,2} = 0,68.$$

Розрахунок вартості заготовки з прокату.

Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою згідно [10], грн:

$$S_{заг1} = M + \sum C_{оз}, \quad (4.3)$$

де M – затрати на матеріал заготовки, грн;

$$M = Q_1 S - (Q_1 - q) \cdot S_{\text{відх}}, \quad (4.4)$$

де Q_1 – маса заготовки з проката, $Q_1 = 2,2$ кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, $S = 50$ грн.;

q – маса готової деталі, $q = 1,5$ кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 кг відходів $S_{\text{відх}} = 10$ грн.

Тоді

$$M = 2,2 \cdot 50 - (2,2 - 1,5) \cdot 10 = 100 \text{ грн.}$$

$\sum C_{\text{оз}}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, різання їх на штучні заготовки, грн:

$$\sum C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{пз}} T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100}, \quad (4.5)$$

де $C_{\text{пз}}$ – приведені витрати на робочому місці: правки 400 грн/год., порізки 400 грн/год.;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час на заготівельну операцію, $T_{\text{шт}} = 10$ хв.

Тоді

$$\sum C_{\text{оз}} = \frac{(400 + 400) \cdot 10}{60} = 107 \text{ грн.}$$

Тоді $S_{\text{заг1}} = 100 + 107 = 207$ грн.

Розрахунок вартості штампованої заготовки в учбових цілях визначимо за формулою згідно [10], грн:

$$S_{\text{заг2}} = (C_i Q_2 K_m K_M K_c K_6 K_n) - (Q - q) S_{\text{відх}}, \quad (4.6)$$

де C_i – ціна 1 кг матеріалу заготовки, $C_i = 100$ грн.;

Q_2 – маса кованої заготовки, кг:

$$Q_2 = q \cdot K_p, \quad (4.7)$$

де q – маса готової деталі, $q = 2,5$ кг;

K_p – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки, для валів $K_p = 1,6$ [10];

K_T – коефіцієнт, що залежить від точності кування (для нормальної точності), $K_T = 1$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, $K_M = 1,13$;

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності, $K_C = 0,77$;

K_B – коефіцієнт, що залежить від матеріалу кування, $K_B = 0,7$;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок, $K_{II} = 1$;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1кг відходів, $S_{\text{відх}} = 10$ грн.

Тоді

$$S_{\text{заг2}} = (100 \cdot 2,5 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1) - (2,5 - 1,5) \cdot 10 = 264 \text{ грн.}$$

$$K_{M2} = \frac{1,5}{2,5} = 0,52.$$

Таким чином бачимо, що $Q_1 < Q_2$, $K_{M1} > K_{M2}$, $S_{\text{заг1}} < S_{\text{заг2}}$.

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

Згідно [10], вибираємо $\text{Ø}45 (+0,3; -0,5)$ мм.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

1. Прокат $\frac{45 - \text{В ДСТУ 4738 - 2007}}{40\text{X}0\text{ХДС 4543 - 2016}$.
2. Піддати термообробці для зняття внутрішніх напружень.
3. Овальність прокату не повинна перевищувати 75% суми граничних відхилень по діаметру.
4. Кривизна прокату не повинна перевищувати 0,2% довжини.

5. Кривизна різку прутка не повинна перевищувати 0,5 мм.
 6. Кривизну прокату вимірюють на ділянці довжиною не менше 0,5 м на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.
 7. Діаметр і овальність прокату вимірюють на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.
 8. * Розмір для довідок.
- Ескіз заготовки на рис. 4.1.

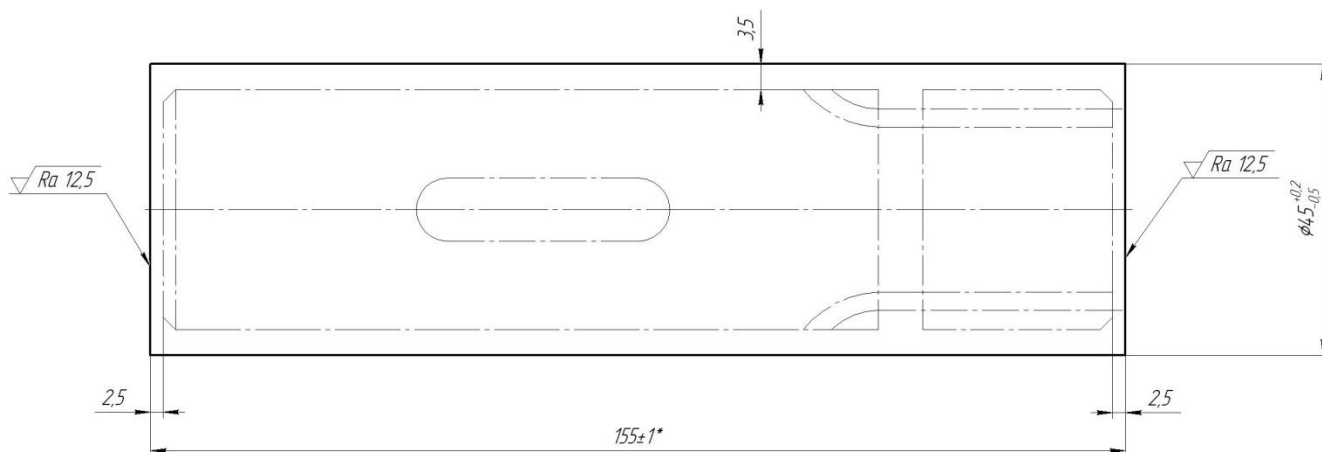


Рисунок 4.1 – Ескіз заготовки.

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

Для визначення чи вистачить припуску, який ми назначили обравши заготовку необхідно обґрунтовано його розрахувати.

Згідно завдання та креслення деталі проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 38h6$. Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [8] і зводиться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 38h6$

Назва стадії	Квалітет	Допустимі відхилення розмірів
Заготівельна (прокат)	Клас точності В	+0,3 -0,5
Точіння чорнове	h12	0 -0,18
Точіння напівчистове	h9	0 -0,052
Шліфування	h6	0 -0,016

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 38h6$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5.1)$$

де R_{z-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

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{экс}^2 + \rho_{см}^2} = 1119 \text{ мкм},$$

а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від $\rho_{заг}$ тоді

$$\rho_{чер} = 1119 \cdot 0,06 = 127 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{н/ч} = 1119 \cdot 0,05 = 85 \text{ мкм}.$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 5.2, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 5.2 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск Т, мкм	Елементи припуску, мкм				
				R_{zi-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_y , мкм	
							ε_6 , мкм	ε_3 , мкм
Заготовка (прокат)	кл.В	+0,3 -0,5	700	-	-	-	-	-
Точіння чорнове	h12	0 -0,18	180	250	500	1119	500	500
Точіння напівчистове	h9	0 -0,052	52	125	180	127	200	100

Шліфування	h6	0 -0,016	16	20	50	85	0	0
------------	----	-------------	----	----	----	----	---	---

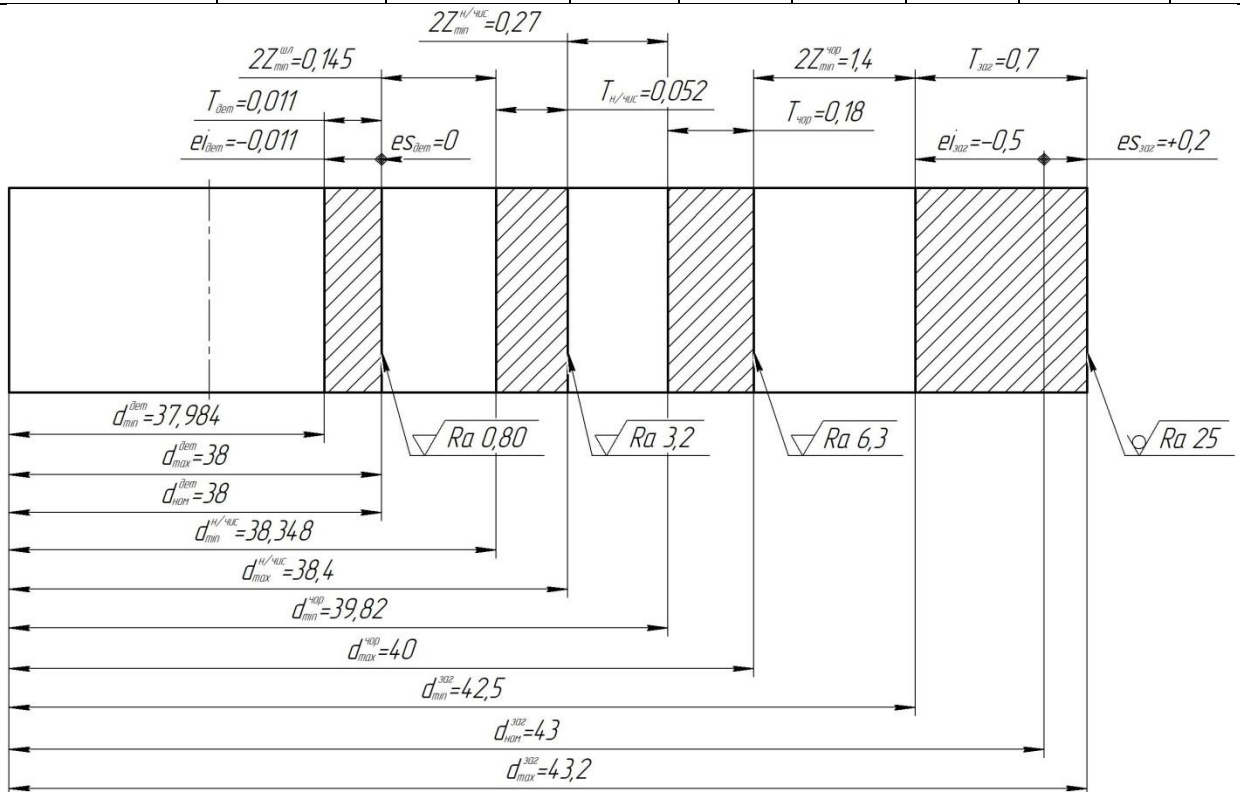


Рисунок 5.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 38h6$ мм

5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції були прийняті операції: 010 – фрезерно-центрувальна та 025 – вертикально-фрезерна з ЧПК.

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 фрезерно-центрувальній операції приведені на рис. 5.2-5.3.

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування.

На даній операції виконується одночасне фрезерування обох торців вала в розмір $L = 150h12 (-0,52)$ мм, а потім одночасна зацентровка обох торців вала - отвори типу А4 ДСТУ 14034-2010. Тому дана операція виконується - з одного установочного - однієї позиції - двох технологічних переходів – фрезерування торців та центрування торців.

Можна запропонувати два варіанти базування: заготовка встановлюється на призми і притискається двома прихватами (рис.5.2) та заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми (рис.5.3).

Розглянемо перший варіант

Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри: для розміру $L = 471 h12 (-0,63)$ мм дорівнює нулю $\varepsilon_6 = 0$ тому, що він виходять методом автоматичної настройки інструменту на розмір;

- для глибини центрових отворів дорівнює нулю $\varepsilon_6 = 0$ тому вже оброблені торці вала є настроювальною базою;

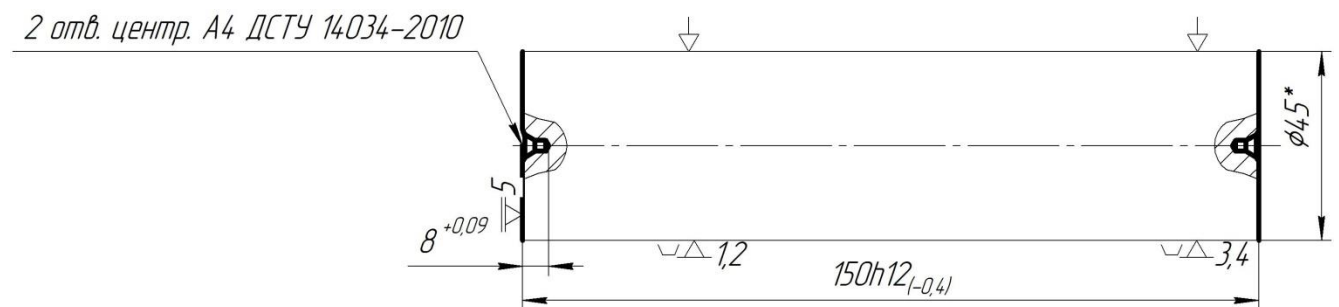


Рисунок 5.2 - Схема установки заготовки на призми з притиском прихватами

- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів А3,15 ДСТУ 14034-2010 [5]:

$$e = 0,5Td \frac{1}{\sin \alpha/2}, \quad (5.4)$$

де Td – допуск на діаметр установочної поверхні,

$$Td = es - ei = 0,3 + 0,5 = 0,8 \text{ мм};$$

α – кут призми, $\alpha = 90^\circ$.

Тоді

$$e = 0,5 \cdot 0,8 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,547 \text{ мм}.$$

Розглянемо другий варіант

Заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми. Дана схема базування (рис.5.3) реалізує такі ж бази як і в першому випадку. Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри - така ж як і в першому випадку;
- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів А3,15 ДСТУ 14034-2010 [5] $e = 0$, тому що призми самоцентрувальні.

Виходячи з цього прийнявши до уваги вище наведені розрахунки доцільно застосувати другий варіант базування, тому що при такій схемі немає похибки ексцентриситету розташування центрових отвори.

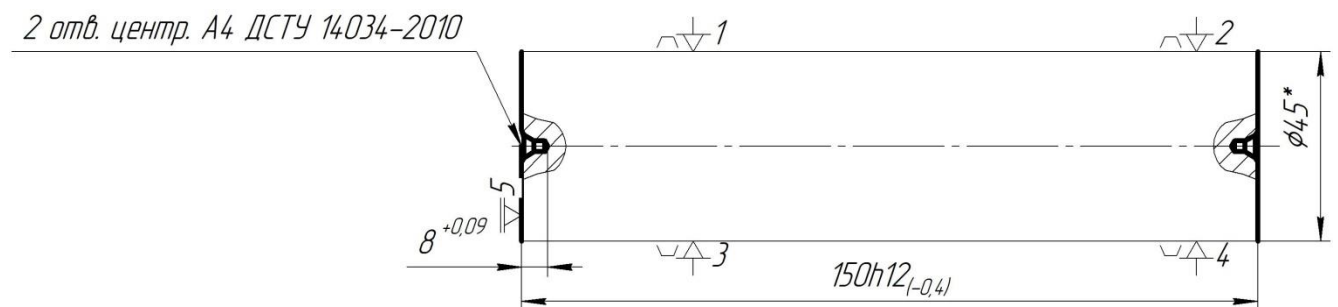


Рисунок 5.3 - Схема установки заготовки в самоцентрувальні призми

Операція вертикально-фрезерна з ЧПК.

На даній аналізованій операції обробляється шпонковий паз. Ширина пазу забезпечується інструментом, а положення його відносно торця базуванням, тому

необхідно порахувати похибку базування на дану операцію за двома варіантами (рис. 5.4, 5.5).

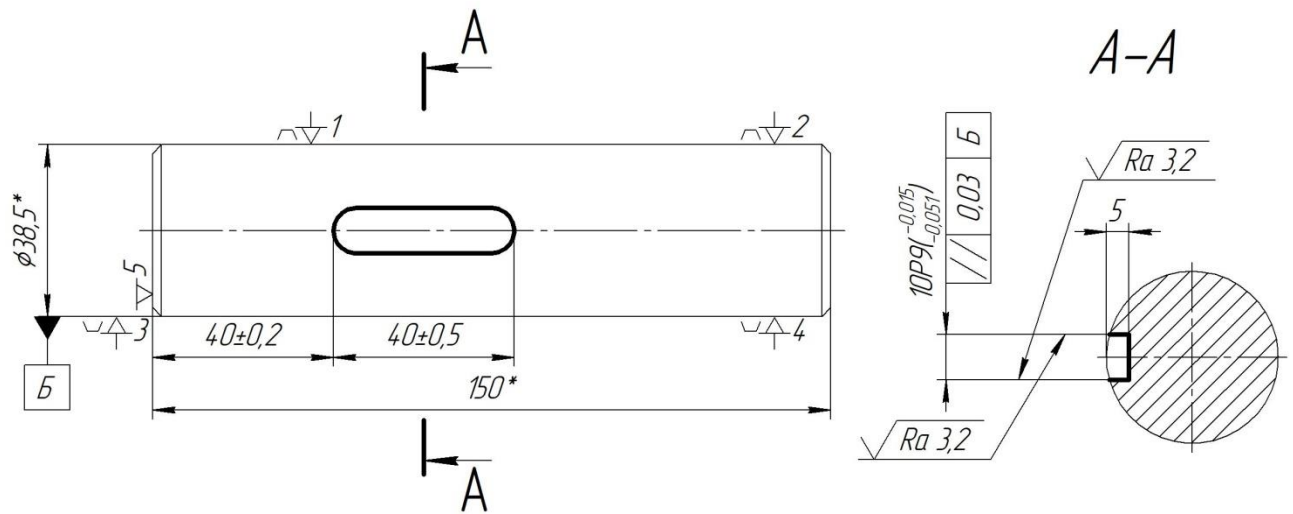


Рисунок 6.4 – Схема базування варіант 1

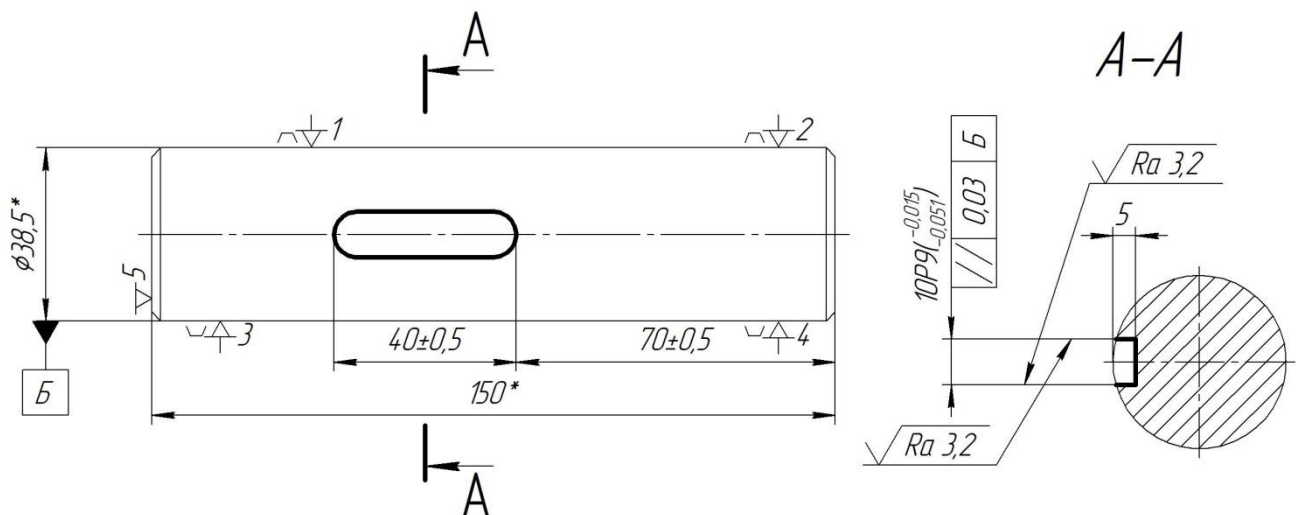


Рисунок 6.5 – Схема базування варіант 2

У даному випадку точність лінійних розмірів визначається похибкою базування тому розглянемо похибку на найбільш точний лінійний розмір $40 \pm 0,2$ мм:

- за варіантом 1: $\varepsilon_{\delta 40} = 0$ мм, - браку не виникатиме, так як технологічна і вимірювальна бази співпадають;

- за варіантом 2: $\varepsilon_{\delta 40} = 0,52 + 1 = 1,52 > T_{40} = 0,4$ мм, - брак може виникати.

Отже приймаємо варіант базування 1 з упором в лівий торець.

У даних варіантах:

- 0,52 мм та 1 мм – похибка на довжину деталі та на розмір 70.

5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Так як тип виробництва одиничний, то це можна виконати на звичайному токарному верстаті, але при цьому неминучим буде ексцентриситет центрових отворів один до одного. Тому в учбових цілях деталей типу тіла обертання з точністю оброблених поверхонь на даній операції не більше IT12, якістю Ra не більше 3,2 мкм може бути оброблена на фрезерно-центрувальному верстаті, наприклад МР-75М [7] . Методи обробки поверхонь - фрезерування і свердління, для обробки необхідно чотири ріжучих інструменти.

Дане обладнання було вибрано з урахуванням наступних показників:

- технологічні методи обробки поверхонь;
- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 10 кВт двигуном, якого достатньо для виконання операції;
- габарити робочого простору, які дозволять обробити торцеві поверхні заготовки вала;
- тип виробництва: при одиничному виробництві перевага віддається універсальному обладнанню, але в учбових цілях обрано МР-75М;
- встановлену кількість інструментів: для здійснення обробки з одного установи і однієї позиції всіх поверхонь.

Технічна характеристика верстата:

- а) діаметр оброблюваної заготовки, мм - 20-100
- б) довжина оброблюваної заготовки, мм - 300-1500

- в) число швидкостей фрезерних шпинделів - 6
- г) частота обертання фрезерних шпинделів, об / хв. - 125-725
- д) найбільший хід фрезерної головки, мм - 250
- е) робочі подачі фрезерної головки з б / с регулюванням, мм / хв - 20-400
- ж) кінець фрезерного шпинделя – ISO 50
- з) число швидкостей свердлильних шпинделів - 6
- і) частота обертання свердлильних шпинделів, об / хв - 225-1125
- к) найбільший хід сверлильної головки, мм - 75
- л) потужність всіх електродвигунів, кВт - 10
- м) габаритні розміри верстата, мм - 3500 × 1250.

Для операції 025 вертикально-фрезерна з ЧПК обираємо металорізальний верстат моделі FADAL 2216FX.

Верстати типу FADAL 2216FX призначені для ведення чорнової та чистової обробки плоских циліндричних, кільцевих поверхонь торцевими, кінцевими та спеціальними фрезами, а також свердління отворів та нарізання різей мітчиками.

Технічна характеристика верстата:

Розміри робочої поверхні столу, мм 850x650;

Виліт шпинделя, мм 100

Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм 800

Найбільша маса оброблюваного виробу, кг 500

Найбільше переміщення столу:

- Поздовжнє, мм 680

- Поперечне, мм 540

Частота обертання шпинделя (безступінчасте через 1), об / хв 1 - 8000

Подача:

- Шпинделя, мм / хв 1 - 4000

- Стола, мм / хв 1 - 4000

Дискретність відліку координат по осях, мм 0,001

Точність установки координат, мм 0,001

Число Т-подібних пазів 5

Ширина паза, мм 18

Конус шпинделя ISO40

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 8,5

Габаритні розміри, мм 2270x2100x2310

Маса, кг 3300.

5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 010 - фрезерно-центрувальна.

Верстатні пристрої.

В даний час заготовка обробляється з використанням нормалізованих призм і прихватів. Застосування спеціалізованого пристосування з механізованим приводом, дозволить знизити трудомісткість операції, зменшити штучний час, підвищити стабільність точностних параметрів операції.

Вибір металорізального та допоміжного інструментів

Оскільки оброблювана заготовка виготовлена зі сталі 40Х, то в якості матеріалу для ріжучої частини приймемо твердий сплав Т14К8 для фрез і швидкорізальної сталі для осьового інструменту, які за більшістю критеріїв підходить і для обробки цього матеріалу [12].

Для обробки даної заготовки на фрезерно-центрувальному верстаті вибираємо наступний ріжучий і допоміжний інструмент:

Для фрезерування торців вала - дві фрези торцеві з механічним кріпленням багатогранних пластин з твердого сплаву Т14К8, з числом зубів $z = 8$ і $\varnothing 60$ за каталогами Seco Tools, діаметр фрез прийнятий найбільшим меншим зі співвідношення $D = (1,25 \div 1,5) B$, де B - ширина фрезерування тобто дорівнює діаметру заготовки вала $\varnothing 30$; для установки фрез в шпиндель верстата - необхідно дві оправки для насадних торцевих фрез 6222-0084 ISO50-22;

Для свердління центрових отворів - два свердла центровочних комбінованих з швидкорізальної сталі P6M5 Ø3,15 2317-0020 за ДСТУ ISO 866:2018; для установки в верстат свердел - необхідно два патрона цангових ISO50-ER32-70 по DIN 6499.

Вибір контрольно-вимірювального інструмента

Для одиничного виробництва характерне застосування універсальних вимірювальних інструментів [12]. Для контролю цих параметрів на операції вибираємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

- штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ 166-2009;
- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Вибір оснащення та інструментів на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію.

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

У якості різального інструменту приймаємо фреза кінцева Ø10 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 розташування пазів приймається штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ166-2009. Контроль шорсткості поверхонь можна виконати за допомогою зразків шорсткості згідно з ДСТУ 9378-93. Цих інструментів буде цілком досить щоб виконати обробку та проконтролювати деталь.

5.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 10 фрезерно-центрувальна та 025 вертикально-фрезерна з ЧПК.

Перехід 1 - фрезерування торців вала Ø45 мм з глибиною різання $t = 2,5$ мм. Ширина фрезерування буде дорівнює діаметру заготовки

$B = 45$ мм.

Вибираємо подачу на зуб фрези по [5]: $S_z = 0,1$ мм / об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v, \quad (5.7)$$

де T - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$$T = 240 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]: $C_v = 332$, $q = 0,2$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $u = 0,2$, $p = 0$, $m = 0,2$.

K_v - загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}, \quad (5.8)$$

де K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{Mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (5.9)$$

де $\sigma_b = 685$ МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 40Х;

K_Γ - характеризує групу стали по оброблюваності, $K_\Gamma = 0,95$, сталь хромиста;

n_v - показник ступеня, $n_v = 1$.

Отже:

$$K_{Mv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

K_{Pv} - враховує стан поверхні заготовки, $K_{Pv} = 0,9$, прокат з коркою [5];

Кив - враховує матеріал інструменту, $K_{iv} = 0,8$, T14K8 [5].

Таким чином:

$$K_v = 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,75.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 60^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 30^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,75 = 186 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.10)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 186}{\pi \cdot 60} = 987 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо: $n = 1000$ об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (5.11)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_{zn}. \quad (5.12)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 8 \cdot 1000 = 800 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{ip} . \quad (5.13)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]: $C_p = 825$, $x = 1$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$.

Поправочний коефіцієнт K_{MP} враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (5.14)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 30^{1,1} \cdot 8}{60^{1,3} \cdot 1000^{0,2}} \cdot 0,93 = 581 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}. \quad (5.15)$$

$$M_{kp} = \frac{581 \cdot 60}{2 \cdot 100} = 1024 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N_a = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (5.16)$$

$$N_e = \frac{581 \cdot 188}{60 \cdot 1020} = 4,08 \text{ кВт.}$$

Так як операція фрезерно-центрувальна і перехід - фрезерування торців проводиться одночасно з обох сторін заготовки, то потужність витрачається на різання буде дорівнює:

$$N_p = 2N_e = 2 \cdot 4,08 = 8,16 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.17)$$

де N_d - потужність двигунів верстата, 15 кВт;

η - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 15 \cdot 0,75 = 12,5 \text{ кВт.}$$

Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_i = \frac{L}{S_i} i, \quad (5.18)$$

де L - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

S_m - хвилинна подача, мм / хв;

i - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o.фр} = \frac{45 + 60}{800} \cdot 1 = 0,18 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Режими обробки на переходи операції 010

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати торці	2,5	800	1000	188	1	90	0,18
2 Центрувати торці	2	100	500	28,9	1	20	0,31

Операція 025 - вертикально-фрезерна з ЧПК.

Вихідні дані: на вертикально-фрезерному верстаті проводиться фрезерування паза шириною 10 мм і довжиною 40 мм на глибину 5 мм.

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні паза аналітичним методом.

Глибина різання $t = 1$ мм.

Ширина фрезерування $B = 10$ 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:

$$S_o = S_z \cdot z, \quad (5.19)$$

Отже,

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

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V, \quad (5.20)$$

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:

$$V = \frac{95 \cdot 6^{0,2}}{180^{0,27} \cdot 1^{0,06} \cdot 0,02^{0,3} \cdot 10^{0,3} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,16 = 53,8 \text{ м/хв.}$$

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:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (5.21)$$

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:

$$T_o = \frac{40 \cdot 5}{3520 \cdot 0,08} = 1,42 \text{ хв.}$$

Довжина робочого ходу інструмента: $L = 40$ мм.

Таблиця 5.4 - 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 паз 10 мм	1	0,02	3520	53,8	5	40	1,45

6 РОЗРОБЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

В проєкті необхідно розробити пристрій для операції 010 фрезерно-центрувальної.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в призмах з ручним зажимом прихватами. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість, підвищити якість параметрів операції.

Уточнення мети технологічної операції. Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Довжина $150h11_{(-0,5)}$ – лінійний розмір, що повинен бути оброблений з точністю IT12, $T = 500$ мкм. Відхилення на нього задано нами під час проєктування креслення у відповідності зі стандартом, так як на даного роду розмірів відхилення задаються у тіло деталі, тому усе вірно.

Точність розмірів центрових отворів розглядати не доцільно, оскільки вона забезпечується інструментом – центровочним свердлом.

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначені допуски форми, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, який зумовлює цю поверхню.

Відхилення від площинності торців вала приймаємо в межах допуску на розмір 150, і він становить 60% від поля допуску

$$T_{\Delta, \nabla} = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ мкм згідно [10] допуск дорівнює 0,3 мм.}$$

По таблиці [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 12 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,3 мм.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір.

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір 150 мм він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,3 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,3 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,3 мм, що відповідає 14-му ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 3,2 мкм за критерієм Ra, а центрових отворів за ДСТУ 14034-2009, що регламентує шорсткість на кожну з поверхонь.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з необробленими базовими поверхнями. Маса заготовки – 2,2 кг.

Матеріал - сталь 40Х ДСТУ 4543-2016. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на які буде встановлена заготовка в пристрої.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Номинальний діаметр проката $\varnothing 45(+0,3;-0,5)$ – зовнішня циліндрична поверхня, що відповідає точності IT16, $T_{\varnothing 45} = 800$ мкм. Відхилення на нього задано конструктором за ДСТУ 2590-2009.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь $\varnothing 45$ характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 45$ становить 0,24 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 45$ становить $T = 0,2$ мм, що відповідає 12 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру Ø45 становить 0,48 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру Ø45 становить $T = 0,4$ мм, що відповідає 15 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні заготовки (проката) та відповідає за критерієм Ra 25 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектований пристрій.

У проектованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 10 мм розмірів з вказаними параметрами точності.

Річна програма випуску складає одну деталь. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає одиничний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться з метою навчання.

Заготовка буде оброблятися на фрезерно-центрувальному верстаті МР-75. Паспортні дані верстата наведені раніше у розділі 5.4.

Обробка на даній операції здійснюється торцевими фрезами та центровочними свердлами. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

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.
9. Обробка поверхонь згідно ескізу.
10. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функції.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 5.2.

На дану операцію можливо запропонувати одну схему базування і закріплення заготовки, так як інше закріплення нераціональне з конструктивних точок зору досягнення точності - базування в призмах.

Дана схема передбачає подвійну-напрямну базу, заготовка буде полишена чотирьох ступенів вільності.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 6.2.

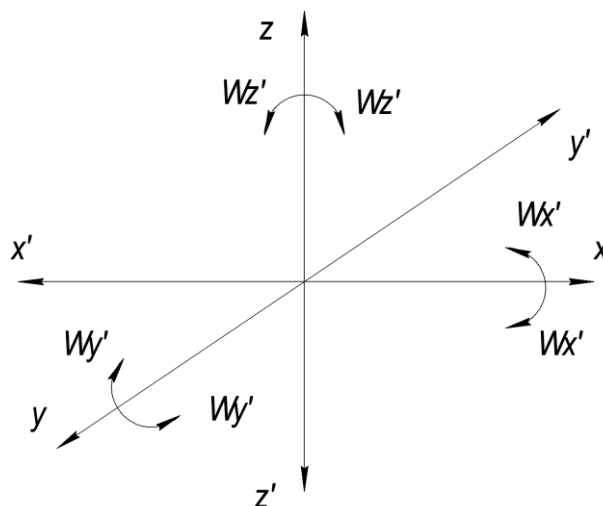


Рисунок 6.2 - Система координат

Таблиця 6.1 – 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

З табл. 6.1 видно, що на заготовку накладено 10 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 загального 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.

Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

Функціональна структура проектованого пристосування представлена на рис. 6.3.

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

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, створюваних затискним механізмом.

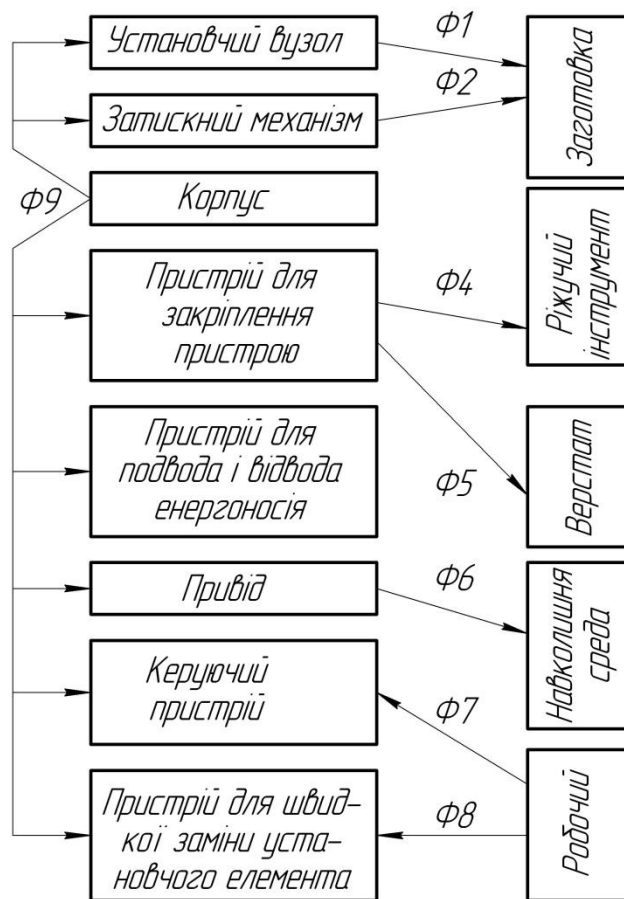


Рисунок 6.3 - Функціональна структура проектованого пристрою

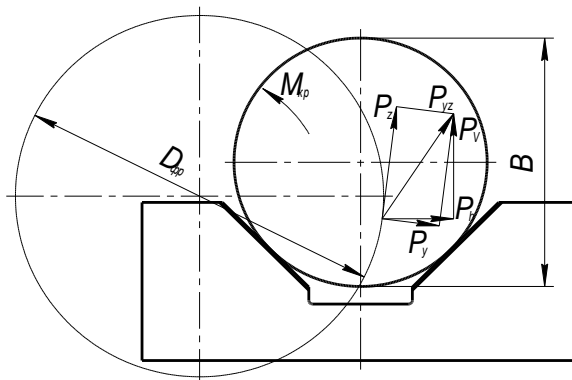


Рисунок 6.4 – Структура поля збурюючих сил

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.

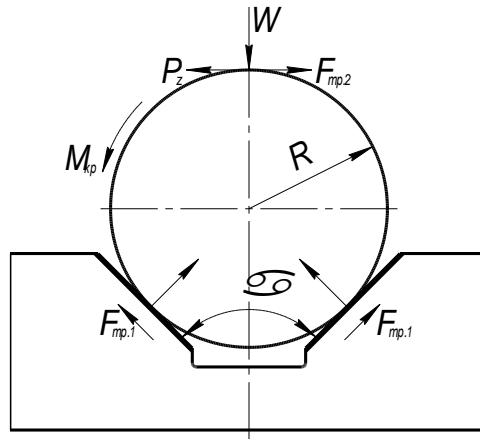
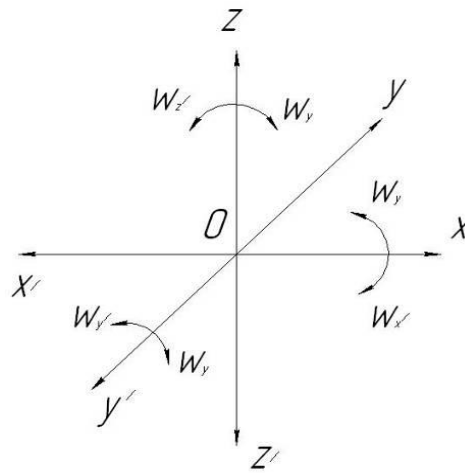


Рисунок 6.5 – Структура поля зрівноважувальних сил



Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб Реаліза- ції	Реакція			R	R		R			R	R	R	R
	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)					F(W)	F(W)				

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (6.1)$$

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 ($k_2 = 1,7$);

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:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,54$$

Режими різання розраховані у пункті 5.5, сила різання складає 581 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

$$W = \frac{KP_z}{f_2 + \frac{f_1}{\sin \alpha/2}} \quad (6.2)$$

Коефіцієнт тертя згідно [12] : $f_1 = 0,25$;

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою і зажимними механізмами, $f_2 = 0,7$.

$$W = \frac{3,54 \cdot 581}{0,7 + \frac{0,25}{\sin 45^\circ}} = 8054 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 8054 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{8054}{1,5} = 6314 \text{ Н}$$

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

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

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

Тоді площа поршня дорівнюватиме:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}} \quad (5.16)$$

де D - діаметр поршня;

$P = 0,4$ МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$ - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6314}{\pi \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,078 = 78 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:
 $D = 80$ мм.

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

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 6510 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 6510 = 9257 \text{ Н.}$$

Точнісні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про обробку поверхонь деталі на операції в точність пристрою.

Деталь базується на даній операції по поверхні Ø45 тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [14]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (6.7)$$

де T - допуск розміру $T_{150} = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм}$;

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_z - 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. Так як пристрій проектується в навчальних цілях і буде виготовлятися лише одна деталь на рік, то похибкою зносу можна знехтувати, тобто прийняти її рівною нулю.

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 12-му квалітету тобто $w = 250$ 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.

$$\varepsilon_{np} = 500 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 250^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 250)^2 + 5^2} = 102 \text{ мкм}$$

За стандартом приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування $T=100$ мкм

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,1 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій складається з плити на якій встановлені пневмоциліндри і призми

Подача стисненого повітря в нижні і верхні порожнини циліндрів відбувається через триходовий розподільний кран.

При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через шток створює тиск на прихват який закріплює деталь. При надходженні повітря в верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес - з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою

перемикання триходового крана. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря засобом перемикання триходового крана відбувається подача в верхню камеру та відбувається розкріплення заготовки.

Специфікація на верстатний пристрій наведена в додатку В.

ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення верстата 16Б16, вузла фартук та деталі «Вал-шестерня», розроблене креслення даної деталі та технологічний процес її обробки. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 40Х, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Тип виробництва – одиничний. В якості заготовки була прийнята заготовка з прокату, так як вона найбільш економічно ефективна. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, за яким деталь виготовлялась на підприємстві виробнику, де знаходився верстат. Також на технологічних операціях, що аналізуються обґрунтовано вибрані ті металорізальні верстати які будуть ефективними та залишаться ще перспективними на довгі роки, а саме на операціях 010 фрезерно-центрувальна та 025 вертикально-фрезерна з ЧПК. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій.

Спроектовано верстатний пристрій на фрезерно-центрувальну операцію, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізовано структуру полів збурюючих та зрівноважуючих сил, зроблено опис пристрою та принцип його роботи.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання небезпечних зон устаткування на підприємствах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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. Малафеев; 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.

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.

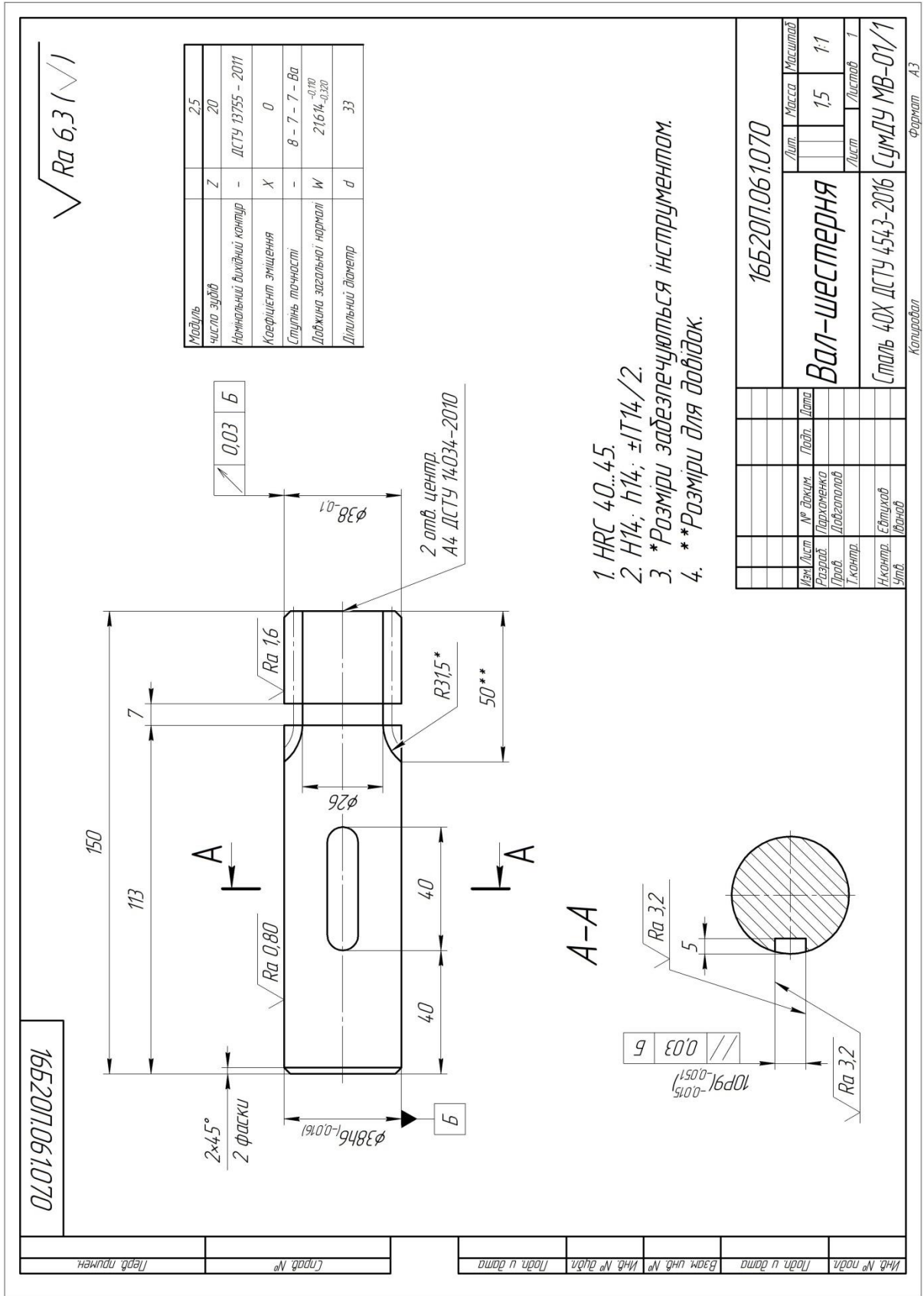
12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

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. 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.

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ДІАМЕТРАЛЬНІ РОЗМІРИ		
Програма - 'prip' ver.7.1		
СумДУ. Обчислювальний центр факультету ТЕСЕТ		01.06.2024

Розрахунок виконаний для Пархоменко. група - МВ-01/1

ВИХІДНІ ДАНІ:

оброблювальна поверхня - зовнішня циліндрична ϕ 38 0

-0.016

Найменування перехода або операції маршрута обробки поверхонь	Позначення точності	Грани- чні відхи- лення, мм	Елементи припуску, мкм				
			шорст- кість Rz (i-1)	дефект шар h (i-1)	простр відхил p (i-1)	похибка базув ЕБ (i)	закр. Ез (i)
Прокат	ДСТУ 4738-2007	+0.200 -0.500	-	-	-	-	-
Chornova	квалітет 12 0 -0.180	0 -0.18	250	500	1119	500	500
Polychistova	квалітет 9 0 -0.052	-0.052 0	125	180	127	200	100
Shlifovalna	квалітет 6 0 -0.016	0 -0.016	20	50	85	0	0

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ :

Розрахункові знач.			Прийняті значення, мм							
припуск, мкм		розрах- унковий розмір, мм	розрах- унковий розмір	номінальний розмір з граничними відхиленнями	граничний розмір		припуск, мкм			
мін	розр.				міні- мальний	макси- мальний	мінім	розр.	макс.	
-	-	42.34	42.34	43	+0.200	42.5	43.2	-	-	-
					-0.500					
968	1119	39.3	39.3	40	0	39.82	40.0	1400	1340	1430
					-0.18					
145	127	38.373	38.373	38.4	0	38.348	38.4	270	900	1055
					-0.052					
50	85	38	38	38	0	37.984	38.000	145	170	373
					-0.016					

К І Н Е Ц Ь Р О З Р А Х У Н К У

ДОДАТОК В
СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.			
				<u>Документація</u>					
A1			МВ 20510061-07-00.00.СК	Складальне креслення	1				
				<u>Складальні одиниці</u>					
		1	МВ 20510061-07-01.00	Пневморозподільник	1				
				<u>Деталі</u>					
		2	МВ 20510061-07-00.02	Кутник	1				
		3	МВ 20510061-07-00.03	Основа	1				
		4	МВ 20510061-07-00.04	Кільце	1				
		5	МВ 20510061-07-00.05	Хомутик	1				
		6	МВ 20510061-07-00.06	Штуцер	1				
		7	МВ 20510061-07-00.07	Плита	1				
		8	МВ 20510061-07-00.07	Поршень	2				
		9	МВ 20510061-07-00.07	Шток	2				
		10	МВ 20510061-07-00.07	Прихват	2				
		11	МВ 20510061-07-00.07	Кришка	2				
		12	МВ 20510061-07-00.07	Упор	2				
		13	МВ 20510061-07-00.07	Гайка спеціальна	2				
		14	МВ 20510061-07-00.07	Штир	2				
			МВ 20510061-07.00.00.СК						
			Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
			Разроб.	Пархоменко					
			Перев.	Довгополов					
			Нконтр.	Евтухов					
			Затв.	Іванов					
				Пристрій фрезерно- центрувальний			Лист	Лист	Листів
							1	2	
							СумДУ, МВ-01/1		

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 проєктними 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

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;

- 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.

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.