

Хмельницький національний університет  
Факультет: інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра: Технології машинобудування

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

Тема затверджена наказом ректора

№ 18 від "1 березня" 2022 р.

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: Технологія виготовлення деталі " Вал 05.003.0020 "

з використанням верстатів з ЧПК

Виконав студент групи ПМТЗс-19-1 Деф (І.Ю. Демчик)

Керівник бакалаврської роботи: Ткачук (В.П. Ткачук)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри Ткачук (В.П. Ткачук)

22 06 2022\_р.

Хмельницький – 2022 р.

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра Технології машинобудування

Спеціальність «Прикладна механіка»

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ

ДИПЛОМНУ РОБОТУ

бакалавру Демчику Івану Юрійовичу

Тема затверджена наказом ректора

№ 18 від " 1 березня " 2022 р.

Тема роботи: Технологія виготовлення деталі " Вал 05.003.0020 "

з використанням верстатів з ЧПК

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I \_\_\_\_\_ 31.03.2022

Розділ II \_\_\_\_\_ 30.04.2022

Розділ III \_\_\_\_\_ 31.05.2022

Розділ IV \_\_\_\_\_ 10.06.2022

Перелік графічних матеріалів: 1.Кресленік заданої деталі 1 лист – А2; 2.Графотехнологія 1 лист – А1; 3. Кресленік РТК 1 лист – А2; 4. Кресленік верстатного пристрою 1 листи- А1; 5. Кресленік вимірювального пристрою 1 лист – А1,

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ В.П. Ткачук

Керівник \_\_\_\_\_ В.П. Ткачук

Бакалавр \_\_\_\_\_ І.Ю. Демчик

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Вал 05.003.0020 з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: Демчик Іван Юрійович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

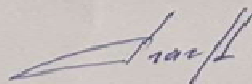
Науковий керівник: Ткачук Віталій Павлович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

Підтвердження:

завідувач кафедри




Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми



Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи



Віталій ТКАЧУК

22.06.2022

Дата

Підписи

Завідувачу кафедри

Технології влаштовування

р.б.к. доценту Ткачуку В.П.

здобувача вищої освіти (студента

ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Феагича І.Р.

с. ч. ПНІЗс-В-2

ФіТА

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

22.06.22

дата



підпис

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	<b>4</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>5</b>
1.1 Завдання	5
1.2 Службове призначення та технічна характеристика деталі	5
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	8
1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми	10
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>13</b>
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	13
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	15
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
2.5 Розрахунок режимів різання	24
2.6 Технічне нормування операцій	28
2.7 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	30
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>33</b>
3.1 Проектування верстатного пристрою	33
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	37
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<b>39</b>
4.1. Загальні вимоги безпеки під час роботи на токарних верстатах	39
4.2. Розрахунок заземлення верстатів	44
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>47</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>48</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Ефективність виробництва, та його технічний прогрес, якість виготовлення продукції залежить від випереджувального розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів та апаратів, від всебічного впровадження методів техніко-економічного аналізу.

Одним із чинників які впливають на розвиток країни в цілому, а особливо в теперішній критичний час для України, є машинобудування. Рівень розвитку машинобудування в цілому визначає рівень розвитку будь-якої країни.

Великий вплив на розвиток машинобудування в країні, дає рівень освіти технологів-машинобудівників та рівень освіти в машинобудівних ЗВО.

Перед технологами-машинобудівниками стоять задачі подальшого підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості і матеріалоємності їх виготовлення, впровадження поточних методів роботи, механізацію та автоматизацію виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Для надання відповідних теоретичних та практичних знань студенти виконують курсовий проект по «Технології машинобудування», метою якого є набуття навичок проектування продукції різного асортименту, а також вибір найбільш оптимальних, з точки зору техніко-економічних показників; режимів обробки; вибору заготовки; технологічних процесів і т.п.

## 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Завдання

У деталі «Вал» з усіма технічними вимогами, річна програма випуску деталей, робочий креслення заготовки. Тип виробництва – середньо серійний.

Для розробки технологічного процесу необхідні дані, наявні у довідниках та нормативах машинобудування.

### 1.2 Службове призначення та технічна характеристика деталі

Редуктор призначений для передачі обертання робочим органам різноманітних машин.

Редуктор складається з чавунних корпуса 4 і кришки 5. В корпусі знаходяться косозубі шестерня 1 і колесо 9. Шестерня 1 посажена на валу електродвигуна 36, фланець якого кріпиться до кришки 5 болтами 20 з пружинними шайбами 26. Шестерня 1 складається з власне шестерні 20.01.01, ступиці 20.01.02 і кільця 20.01.03, зтянутих між собою за допомогою гвинтів і гайок. Пружинні шайби запобігають відгвинчуванню гайок. Торцева шайба 27 запобігає осьовому зміщенню шестерні.

Колесо 9 встановлено на валу 8, який обертається в двох підшипниках. Нижній шарикопідшипник сприймає навантаження, що діє на вал. Колесо 9 зафіксовано на валу шпонкою 29, буртиком вала і розпірним кільцем 10, яке зтягнуте через внутрішнє кільце верхнього підшипника гайкою 24 з шайбою 27.

В розточці нижньої кришки 7 встановлено манжету 33, яка зацімлена кришкою 13 через прокладку 17. Між нижнім шарикопідшипником і буртиком вала встановлено маслорозподільне кільце 12.

Кришка 5 кріпиться до корпусу редуктора болтами 21 з пружинними шайбами 26. Центральний отвір в кришці 5 редуктора закрито кришкою 6. Для кріплення на місці установки корпус редуктора має чотири лапи. В кришці 5 редуктора передбачено різьбовий отвір для установки маслопоказника 2. Через цей отвір в редуктор заливається масло для змащення.

Маслопоказчик складається з стержня 20.02.01. і рукоятки 20.02.02. Виконана на стержні канавка служить для показу нормального рівня мастила в редукторі. Масло з редуктора зливається через отвір в корпусі, яке закрито пробкою 11. Між фланцем пробки і корпусом встановлено гумову прокладку 18.

Робоче креслення деталі (вала), для якого розробляється технологічний процес, приведене у додатку. Обсяг випуску редуктора, у який входить корпус N=25000 шт. у рік. По вимогах креслення вал повинний бути виготовлений із сталі марки Сталь 45 ДСТУ1050-98.

Таблиця 1.1 - Основні елементи вала та їх характеристики

№ п/п.	Назва елементу	Квалітет точності	Шорсткість R <sub>A</sub> ,мкм	Призначення поверхні
1.	Торець (1,2)	IT14/2	6,3	Конструктивний елемент
3.	Різьба (3)	6g	3,2	Конструктивний елемент
4.	Гладка циліндрична поверхня (4)	h7	1,6	Посадочна поверхня
5.	Гладка циліндрична поверхня (5,6)	k6	0,8	Посадочна поверхня
6.	Гладка циліндрична поверхня (7)	p6	1,6	Посадочна поверхня
7.	Гладка циліндрична поверхня (8)	h14	6,3	Конструктивний елемент
8.	Гладка циліндрична поверхня (9)	h14	6,3	Конструктивний елемент
9.	Циліндричний отвір(10)	H7	0,8	Посадочна поверхня
10.	Фаска(11,12,13,13,14,15)	IT14/2	6,3	Технологічний елемент
11.	Паз шпоночний (17)	P9	3,2	Конструктивний елемент
12.	Паз (16)	IT14/2	3,2	Конструктивний елемент

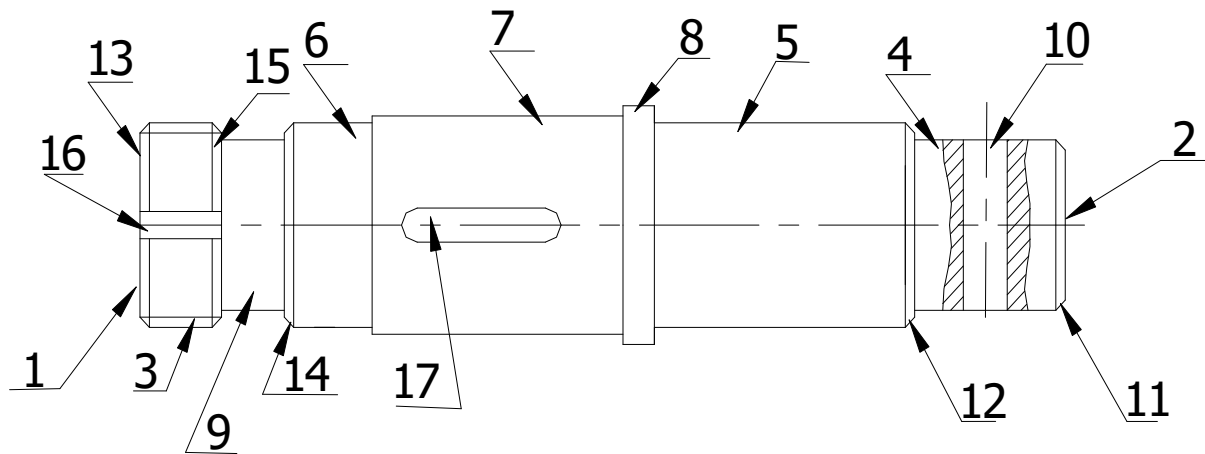


Рисунок 1.1 - Деталь вал

Робоче креслення деталі вал приведене у додатку. Робоче креслення розроблене на основі складального креслення (завдання). Воно містить усі необхідні види і перетини, необхідні для розуміння технології виготовлення корпуса відповідно до ДСТУ 2.109-93 "Основні вимоги до робочих креслень."

При виготовленні вала необхідно забезпечити наступні розміри, допуски, шорсткості:

1) циліндрична поверхня  $\varnothing 25h7$  при шорсткості  $Ra=1,6\text{мкм}$ , що обумовлено точністю базування і для подальшої посадки певного елемента.

2) дві циліндричні поверхні  $\varnothing 30k6$  (посадка для шарикопідшипника L0/k6) при шорсткості  $Ra=0,8\text{мкм}$ , що обумовлено точністю базування шарикопідшипника.; відхилення геометричної форми поверхні - радіальне биття у подовжньому перерізі приймаємо рівним  $0,02\text{мм}$

3) циліндрична поверхня  $\varnothing 32p6$  (посадка колеса H7/ p6) при шорсткості  $Ra=1,6\text{мкм}$ , відхилення геометричної форми поверхні-циліндричність у подовжньому перерізі приймаємо рівним  $0,02\text{мм}$ ; співвісність  $0,03\text{мм}$ .

4) нарізання різьби наверхні  $M27 \times 1.5$  6g (поле допуску для метричної різьби з зазором середнього класу точності для зкручування гайки M12..6H).

5) отвір під штифт  $\varnothing 7H7$  при шорсткості  $Ra=0,8\text{мкм}$ .

6) паз під шпонку  $10 \times 8 \times 25$  ДСТУ 8789-98 (посадка шпонки P9/ h9) при шорсткості  $Ra = 3,2 \mu\text{м}$ , відхилення геометричної форми паза- симметричність і паралельність бокових поверхонь відповідно 0,02 і 0,05мм

7) виконати канавки для виходу шліфувального круга

8) на інші розміри встановлюємо допуски згідно h14, H14 чи  $\pm IT14/2$ .

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі проводимо по рекомендаціях, викладеним у [4, с14-15].

Форма розглядаємої деталі досить проста, складається з нормалізованих поверхонь і типових для деталей класу валів.

Конструкція деталі типу “Вал” є технологічною, так як вона містить лише найпростіші поверхні, які виготовляються лише стандартними інструментами по типових технологічних схемах.

Деталь містить кілька ступеней, які за своїми діаметральними розмірами особливо не відрізняються. Даний момент дає змогу зменшити величину відходу матеріалу в процесі механічної обробки різанням. Елементи деталі такі як шпоночні пази, канавки, різь, торцеві отвори є необхідними, так як виконують технологічні функції.

Матеріалом для виготовлення деталі являється конструкційна Сталь 45 ДСТУ1050-88, яка є широкодоступним конструкційним матеріалом, і здатна задовільнити вимоги поставлені до деталі.

Головною базою в деталі є її вісь обертання, яка за допомогою центрових отворів широко використовується при обробці деталі, а також для її контролю. Допоміжними базами є зовнішні циліндричні поверхні та торці деталі. Торці також є конструктивними базами.

При виготовленні деталі широко можна використовувати типові та стандартні технологічні процеси, а також застосовувати при обробці деталі універсальне обладнання, що значно збільшує можливість її виготовлення.

Більшість розмірів можуть бути визначені прямо, без перерахування при зміні баз.

В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

Коефіцієнт точності.

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_I}{\sum n_I} = \frac{207}{18} = 11,5, \quad K_{Tч.} = 1 - \frac{1}{11,5} = 0,91.$$

де  $T$  – клас точності обробки;  $n_I$  – кількість розмірів відповідного класу точності.

Деталь по коефіцієнту точності є досить технологічною, так як  $K_{Tч.} \approx 1$ .

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad Ш_{CP.} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}} = \frac{105}{18} = 5,8, \quad K_{Ш} = \frac{1}{5,8} = 0,17.$$

де  $Ш$  – клас шорсткості поверхні;  $n_I$  – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

Так як  $K_{Ш}$  досить низький то можна сказати, що деталь по  $K_{Ш}$  є досить технологічна.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та механічні властивості сталі 45.

С, %	Si, %	Mn, %	Не більше		Ni, %	Cr, %
			S, %	P, %		
0.4 ...0.5	0.17...0.3 7	0.5...0.8	0.045	0.045	0.3	0.3
$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{тим}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСИ, Дж/см <sub>2</sub>	НВ Гаряч.	Не більше Відпал
не менше						
360	610	16	40	50	241	197

#### 1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми

Тип виробництва по ДСТУ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операції  $K_{з.о.}$ , котрий показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних або належаних виконанню підрозділом на протязі місяця, до числа робочих місць.

Так як  $K_{з.о.}$  виражає періодичність обслуговування робочого всією необхідною інформацією, а

а також забезпечення робочого місця всіма необхідними речовими елементами виробництва, то

$K_{з.о.}$  оцінюється тільки до явочного числа робочих підрозділів із розрахунку на дві зміни:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_0}{O},$$

де  $\sum P_0$  – сумарне число різноманітних операцій;  $O$  – явочна кількість робочих підрозділів, які виконують різні операції.

Таблиця 1.3. – Визначення коефіцієнта закріплення операції.

Операції	$T_{шт.}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф.}$	$O$
1. Вертикально - фрезерна	0,64	0,2	1	0,2	1,3
2. Токарна – ЧПК	1,442	0,36	1	0,36	0,57
3. Кругло– шліфувальна	0,53	1,14	1	1,14	1,6
4.Вертикально– свердлувальна	0,264	0,06	1	0,06	3,1
5. Шпончно-фрезерна	0,574	0,15	1	0,15	1,4

$T_{шт.}$  Визначається за формулою [2.с.146].

Визначення  $T_0$ :

Вертикально – фрезерна

$$T_0 = 6 \cdot l = 6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0.24$$

$$T_0 = 4 \cdot l = 4 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0.16$$

Токарна – ЧПК

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 75 \cdot 10^{-3} = 0.45$$

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 83 \cdot 10^{-3} = 0.498$$

Вертикально– свердлувальна

$$T_o = 0.52 \cdot d \cdot l = 0.52 \cdot 7 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0.091$$

$$T_o = 0.21 \cdot d \cdot l = 0.21 \cdot 7 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0.037$$

$$T_o = 0.43 \cdot d \cdot l = 0.43 \cdot 7 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0.075$$

Шпончно-фрезерна

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 38 \cdot 10^{-3} = 0.228$$

$$T_o = 4 \cdot l = 4 \cdot 38 \cdot 10^{-3} = 0.152$$

Кругло– шліфувальна

$$T_o = 2.5 \cdot l = 2.5 \cdot 75 \cdot 10^{-3} = 0.187$$

$$T_o = 2.5 \cdot l = 2.5 \cdot 65 \cdot 10^{-3} = 0.162$$

Визначення  $T_{шт.}$ ,  $T_{шт.} = T_o \cdot \varphi_K$ ,

Вертикально – фрезерна

$$T_{шт.} = (0,24 + 0,16) \cdot 1,51 = 0,64$$

Токарна – ЧПК

$$T_{шт.} = (0,45 + 0,498) \cdot 1,36 = 1,442$$

Вертикально – свердлувальна

$$T_{шт.} = (0,091 + 0,037 + 0,075) \cdot 1,3 = 0,264$$

Шпончно-фрезерна

$$T_{шт.} = (0,228 + 0,152) \cdot 1,51 = 0,574$$

Кругло – шліфувальна

$$T_{шт.} = (0,187 + 0,162) \cdot 1,55 = 0,53$$

Розрахунок розрахункового числа верстатів

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт.}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \eta_{з.н.} [2, с.20] \text{ і } \eta_{з.н.} = 0,8.$$

Вертикально – фрезерна

$$m_p = \frac{25000 \cdot 0.64}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.2,$$

Токарна – ЧПК

$$m_p = \frac{25000 \cdot 1.442}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.36,$$

Кругло – шліфувальна

$$m_p = \frac{25000 \cdot 0.53}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.14,$$

Вертикально – свердлувальна

$$m_p = \frac{25000 \cdot 0.264}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.06,$$

Шпончно-фрезерна

$$m_p = \frac{25000 \cdot 0.574}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.15,$$

Фактичний коефіцієнт загрузки і число операцій

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}},$$

значення розрахунку приведенні в таблиці 3.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{7.97}{5} = 1.594,$$

за результатами розрахунку тип виробництва – крупно серійний.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Проаналізуємо два варіанти заготовок для деталі типу “Вал”:

1. Заготовка із прокату (кругляк).

2. Заготовка, отримана штамповою на горизонтально-ковочній машині.

Варіант 1: отримання заготовки із прокату.

Приймаємо прокат  $\varnothing 40$  мм довжиною прутка 0,5м. Густина сталі  $\rho=7,81$  г/см<sup>3</sup>.

Маса заготовки із прокату

$$Q = \frac{\rho \pi d^2}{4} L \rho, \text{ кг}, \quad (2.1)$$

де d-діаметр прокату, d=40 мм,

L-довжина прутка,

$$Q = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 50 \cdot 0,00781 = 4,4 \text{ кг},$$

Витрати на заготовку із прокату( враховуємо, що з одного прутка буде виготовлено 3 заготовки):

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{від}}}{1000}, \text{ грн}, \quad (2.2)$$

де Q-маса заготовки, кг,

S-вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн.,

S=21000 грн. (1 тонна),

Sвід=1500 грн. ( 1 тонна),

q- маса деталі , q=0.75 кг,

Тоді

$$M = 4,4 \cdot 21000 \cdot 10^{-3} - (4,4 - 0,75 \cdot 3) \cdot \frac{1500}{1000} = 60 \text{ грн},$$

Вартість однієї заготовки

$$S^I_{заг} = 60 \text{ грн}$$

Варіант 2: отримання заготовки штамповою на горизонтально-ковочній машині :

Маса заготовки

$$Q = \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + d_4^2 l_4), \text{ кг}, \quad (2.3)$$

де  $d_1, d_2, d_3, d_4$  - відповідно діаметри ступенів деталі з урахуванням припусків;  
 $l_1, l_2, l_3, l_4$  - відповідно довжини ступенів деталі із урахуванням припусків,

$$Q = 7,81 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (28^2 \cdot 35 + 33^2 \cdot 65 + 38^2 \cdot 5 + 35^2 \cdot 40 + 27^2 \cdot 13) = 1.02 \text{ кг},$$

Вартість однієї заготовки

$$S^{II}_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000}, \text{ грн},$$

де  $C_i$  - базова вартість 1т. заготовок, грн. ,

$K_m, K_c, K_M, K_v, K_n$  - коефіцієнти , які залежать від класу точності, групи складності, марки матеріалу і об'єму виготовлення заготовки.

$$C_i = 50000 \text{ грн.}$$

$$K_m = 1 \text{ - для штамповки нормальної точності, [4 с.37],}$$

$$K_M = 1, [4 с.37],$$

$$K_c = 0,75, [4 с.38 \text{ табл.2.12}],$$

$$K_v = 0,73, [4 с.38 \text{ табл.2.12}],$$

$$K_n = 1, [4 с.38 \text{ табл.2.13}],$$

$$S^{II}_{заг} = \left( \frac{50000}{1000} \cdot 3.35 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (1.02 - 0.75) \cdot \frac{1500}{1000} = 70 \text{ грн},$$

Економічна ефективність

$$E = \frac{S^I_{заг} - S^{II}_{заг}}{N^{-1}} = \frac{70 - 60}{25000} = 2500 \text{ грн},$$

За даними розрахунку та враховуючи серійність виробництва, найбільш доцільним є отримання заготовки із прокату.

Технологічний процес виготовлення деталі повинен відповідати типу виробництва та його організаційно-технічним характеристикам, визначеним вище.

Загальні правила розроблення технологічних процесів визначено ДСТУ 14.301-83. Відповідно до зазначеного стандарту технологічні процеси поділяються на три види: одиничний, типовий та груповий.

## 2.2. Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Аналітичний розрахунок припусків на обробку поверхні  $\varnothing 25h7$ .

Кривизна профілю сортового прокату  $[\Delta]=0,1\text{мкм}$  на  $1\text{мм}$  [бс.186табл.16].

Тоді

$$\Delta_k = [\Delta] \cdot l, \text{ мкм},$$

де  $l$ -довжина заготовки,  $l=165\text{мм}$ ,

$$\Delta_k = 0,1 \cdot 165 = 16,5 \text{ мкм},$$

Зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування

$$\Delta_u = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}, \text{ мм},$$

де  $T$ -допуск на діаметральний розмір бази заготовки, використаної при центруванні,  $T=870\text{ мкм}$  [бс.192.табл.32].

$$\Delta_u = 0,25 \cdot \sqrt{0,870^2 + 1} = 0,331 \text{ мм},$$

Тоді сумарні відхилення розташування:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_k^2 + \Delta_u^2} = \sqrt{85^2 + 331^2} = 342 \text{ мкм},$$

Призначаємо точність і якість поверхні заготовок після механічної обробки по [бс.181табл.5]:

- 1.Точити начорно  $R_z=50$ ;  $h=50\text{мкм}$ ,
- 2.Точити начисто  $R_z=25$ ;  $h=25\text{мкм}$ ,
- 3.Шліфувати  $R_z=5$  ;  $h=5\text{ мкм}$ .

Визначаємо відхилення розташування після кожного методу обробки:

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} \cdot K_y, \quad \text{мкм},$$

де  $K_y$ -коефіцієнт уточнення,  $K_{y1}=0,06, K_{y2}=0,04, K_{y3}=0,03$ , [бс.190табл.29].

$$\Delta_1 = 342 \cdot 0,06 = 20,52 \text{ мкм},$$

$$\Delta_1 = 20,52 \cdot 0,04 = 0,82 \text{ мкм},$$

$$\Delta_1 = 0,82 \cdot 0,03 = 0,02 \text{ мкм},$$

Оскільки деталь встановлюється по центрових отворах, то  $\varepsilon=0$ ,

Призначаємо допуски на кожний перехід.

Для виробу  $\varnothing 25h7$ ,  $T_2=54$  мкм буде отримано після чистового точіння.

Тоді по [бс.192табл.32] послідовність отриманих квалітетів 14-12-8-7.

$$T_{\text{заг}}=870 \text{ мкм},$$

$$T_1=350 \text{ мкм},$$

$$T_2=54 \text{ мкм},$$

$$T_3= 35 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Таблиця розрахунку припусків на обробку поверхні  $\varnothing 25h7$ .

Склад Операції	Елементи припуску, мкм				Розрах. припуск, мкм	Розрах. розмір, мкм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовк а	250	300	342	-			870	39,130	40		
Точити:											
1.Начор- но	50	50	20,52	-	2×892	25,264	350	25,264	25,614	13866	14386
2.Начис- то	25	25	-	-	2×120,52	25,123	54	25,123	25,177	141	437
3.Шліф.	5	5	-	-	2×50	25,023	35	25,023	25,058	100	119

Розрахунковий розмір

$$2z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1}), \text{мкм}, \quad (2.4)$$

$$2z_{\min 3} = 2 \cdot (25 + 25) = 2 \cdot 50 \text{мкм},$$

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 20,52) = 2 \cdot 120,52 \text{мкм},$$

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot (250 + 300 + 342) = 2 \cdot 892 \text{мкм},$$

Розрахунковий розмір

$$d_{\min 3} = d_n + ei = 25 + 0,023 = 25,023 \text{мм},$$

$$d_{\min i} = d_{\min i+1} + 2z_{\min i+1}, \text{мм},$$

Тоді

$$d_{\min 2} = 25,023 + 2 \cdot 50 = 25,123 \text{мм},$$

$$d_{\min 1} = 25,023 + 2 \cdot 120,52 = 25,264 \text{мм},$$

Коректуємо результати розрахунку й заносимо в таблицю 5.

$$d_{\max i} = d_{\min i} + T_i, \text{мм},$$

Тоді

$$d_{\max 1} = 25,264 + 0,35 = 25,614 \text{мм},$$

$$d_{\max 2} = 25,123 + 0,054 = 25,177 \text{мм},$$

$$d_{\max 3} = 25,023 + 0,035 = 25,058 \text{мм},$$

Граничні значення припусків

$$2z_{\min i} = d_{\min i-1} - d_{\min i}, \text{мкм},$$

Тоді

$$2z_{\min 1} = 39,130 - 25,264 = 13866 \text{мкм},$$

$$2z_{\min 2} = 25,264 - 25,123 = 141 \text{мкм},$$

$$2z_{\min 3} = 25,123 - 25,023 = 100 \text{мкм},$$

$$2z_{\max i} = d_{\max i-1} - d_{\max i}, \text{мкм},$$



На решту оброблюваних поверхонь припуски і допуски вибираємо по таблицях (ДСТУ 26645-85) і записуємо їх значення в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Зведена таблиця припусків

Поверхня	Маршрут	Припуск на поверхню	Розмір з допуском
158h14	Заготовка		158(±0.4)
	Фрезерування	5.6	
Ø30k6	Заготовка		40(±0.4)
	Ток. чорн	9.4	30.6(±0.3)
	Ток чистов	0.6	30( <sup>+0.3</sup> <sub>+0.2</sub> )
	Шліфування	0.3	Ø30k6
Ø32p6	Заготовка		40(±0.4)
	Ток. чорн	7.4	32.6(±0.3)
	Ток чистов	0.6	32( <sup>+0.3</sup> <sub>+0.2</sub> )
	Шліфування	0.3	Ø30k6
Ø35h14	Заготовка		40(±0.4)
	Ток. чорн	4.4	35.6(±0.3)
	Ток чистов	0.6	30h14

### 2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Критерієм оптимальності для вибору технологічного маршруту є мінімум приведених витрат на одиницю продукції. При виборі варіанта технологічного маршруту приведені витрати можуть визначатись у вигляді питомих величин на 1 рік роботи обладнання. Погодинні приведені витрати визначають для двох операцій, що замінюють одна одну при обробці однієї і тієї ж поверхні, при досягненні одних і тих же параметрів як якісних так і кількісних.

## Перший варіант.

005	Заготівельна
010	Фрезерно-центрувальна
015	Токарна з ЧПК
020	Кругло-шліфувальна
025	Вертикально-свердловальна
030	Шпоночно-фрезерна
035	Контрольна

## Другий варіант.

005	Заготівельна
010	Токарна
015	Токарна
020	Кругло-шліфувальна
025	Шпоночно-фрезерна
030	Вертикально-свердловальна
035	Контрольна

Плани обробки окремих поверхонь наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Плани обробки окремих поверхонь

№ пов.	Квалітет точності	Шорсткість	План обробки поверхні
1,2	$\pm t2 /2$	6,3	1. Фрезерування
3.	6g	3,2	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Нарізання різьби
4.	h7	1,6	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування
5.6	k6	0,8	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування
7.	p6	1.6	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування
8.	h14	6,3	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове
9.	h14	6,3	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове
10.	H7	0,8	1. Центрування 2. Свердлування 3. Зенкерування 4.Ровіртування
11,121 3,14 15.	$\pm t2 /2$	6,3	1. Точіння
16.	P9	3,2	1. Фрезерування

Порівняння даних двох техпроцесів буде здійснюватись на основі порівняння двох операцій 010 на якій підрізання торця та центрування буде йти двома різними методами , по першому варіанту на верстаті МР-71М , а по другому - на верстаті 1М63.

*Перший варіант.*

$$C_{п.в.} = C_3 + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_3), \quad (2.5)$$

де  $C_{п.в.}$ -години приведені втрати , грн./год.

$C_3$ -основна та допоміжна ЗП , грн./год.

$C_{ч.з}$ -години втрати на експлуатацію робочого місця , грн./год.

$E_n$ -нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладів ,  $E_n=0.15$  [2,с.39]

$K_c, K_3$ -питомі години капітальних вкладів відповідно в верстат та в будову, коп./год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{т.ф.} \cdot k \cdot y, \quad (2.6)$$

де  $\varepsilon$ -коефіцієнт , що враховує додаткову ЗП рівну 9% , що нарахована на соціальне страхування 7.6% та приробіток до основної ЗП в результаті перевиконань норм на 30% ,  $\varepsilon=1.53$  [2,с.39] .

$C_{т.ф.}$ -година тарифна ставка верстатника відповідного розряду ,

$C_{т.ф.}=54.8$  грн./год.,[2,с.40]

$k$ -коефіцієнт , що враховує ЗП наладчика ,  $k=1$ , [2,с.40].

$y$ -коефіцієнт , що враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванню ,  $y=0.48$ , [2,с.40].

$$C_3 = 1.53 \cdot 54.8 \cdot 1 \cdot 0.48 = 40.2 \text{ грн./год.}$$

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.п.} \cdot K_m, \quad (2.7)$$

де  $C_{ч.з.}$ -практичні години затрати на базовому робочому місці , коп./год.,

$$C_{ч.з.}^{б.п.} = 36.3 \text{ грн./год.}$$

$k_m$ -коефіцієнт , що враховує в скільки разів затрати пов'язані з даною роботою верстата більши аналогічним витратам в базового верстата ,  $k_m=1.1$ , [2,с.149].

$$C_{ч.з.} = 36.3 \cdot 1.1 = 40 \text{ грн./год.}$$

$$K_c = (\Pi \cdot 100) / (F_d \cdot \eta_3), \quad (2.8)$$

де  $\Pi$ -балансова вартість верстата ,  $\Pi=700400$  грн., [2,с.195].

$F_d$ -дійсний річний фонд часу ,  $F_d=2030$  год.

$\eta_3$ -коефіцієнт завантаження верстата ,  $\eta_3=0.8$ , [2,с.43].

$$K_c = (700400 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 433 \text{ грн./год.}$$

$$K_3 = (F \cdot 78.4 \cdot 100) / (F_d \cdot \eta_3),$$

де  $F$ -виробнича площа , що займає верстат з урахуванням проходів ,  $m^2$ ,

$$F = F_b \cdot k_b,$$

де  $F_b$ -площа , яку займає верстат ,  $m^2$ ,  $F_b=5.1$ , [2,с.195].

$k_b$ -коефіцієнт , що враховує додаткову виробничу площу проходів ,  $k_b=2.5$  , [2,с.43].

$$F = 5.1 \cdot 2.5 = 12.8 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = (12.8 \cdot 78.4 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 62 \text{ грн./год.}$$

$$C_{п.в1} = 40.2 + 40 + 0.15 \cdot (433 + 62) = 154.5 \text{ грн./год.}$$

*Другий варіант.*

$$C_{т.ф.} = 60.6 \text{ грн./год.}, [2,с.40]$$

$$y = 1, [2,с.40].$$

$$C_3 = 1.5 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 1 = 92.8 \text{ грн./год.}$$

$$C_{ч.з.}^{б.п.} = 36.3 \text{ грн./год.}$$

$$k_m = 1.6, [2,с.150].$$

$$C_{ч.з.} = 36.3 \cdot 1.6 = 58.1 \text{ грн./год.}$$

$$\Pi = 5530 \text{ грн.}, [2,с.163].$$

$$K_c = (5530 \cdot 100) / (2030 \cdot 0.8) = 340 \text{ грн./год.}$$

$$F_b = 7.9 \text{ м}^2, [2,с.164].$$

$$k_b = 2.5 , [2,с.43].$$

$$F=7.9 \times 2.5=19.75 \text{ м}^2.$$

$$K_3=(19.75 \cdot 78.4 \cdot 100)/(2030 \cdot 0.8)=95.3 \text{ грн./год.}$$

$$C_{п.в2}=92.7+58.1+0.15 \cdot (340+95.3)=216.2 \text{ грн./год.}$$

Отже враховує те, що  $C_{п.в2}=216.2 > C_{п.в1}=154.5$  то приймаємо операцію 010 фрезерно-центрувальну.

Розробку технологічних операцій механічної обробки зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Операції механічної обробки

№ ОПЕР	МАРШРУТ ОБРОБКИ	ВЕРСТАТ	ІНСТРУМЕНТ		ПРИСТРОЇ
			РІЗАЛЬНИЙ	КОНТРОЛЬНИЙ	
005	ЗАГОТІВЕЛЬНА				
010	ФРЕЗЕРНО-ЦЕНТРУВАЛЬНА 1. ФРЕЗЕРУВАТИ ТОРЦІ 2. ЦЕНТРУВАТИ 2 ОТВОРИ	MP-71M	ФРЕЗА ТОРЦЕВА ІЗ ВСТАВНИМИ НОЖАМИ ІЗ ТВЕРДОГО СПЛАВУ T15K6 ПО ДСТУ 6469-99 D=120, Z=10 СВЕРДЛО ЦЕНТРУВАЛЬНЕ, P6M 5 ТИП А ДСТУ 14952-95	ШТАНГЕН ЦИРКУЛЬ ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-90	ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРОЙ СПЕЦІАЛЬНИЙ
015	ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНА З ЧПК УСТАНОВ А 1. ТОЧИТИ КОНТУР НАЧЕРНО 2. ТОЧИТИ КОНТУР НАЧЕРНО 3. ТОЧИТИ ФАСКИ НАЧИСТО 4. ТОЧИТИ КАНАВКУ	HAAS ST-20	РІЗЕЦЬ ТОКАРНИЙ КОНТУРНИЙ З ПЛАСТИНКАМИ З ТВЕРДОГО СПЛАВУ ДСТУ 18879-93	ШТАНГЕН ЦИРКУЛЬ ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-90	ЦЕНТРИ ОБЕРТОВІ ДСТУ 8742-75
	УСТАНОВ Б 1. ТОЧИТИ КОНТУР НАЧЕРНО 2. ТОЧИТИ КОНТУР НАЧЕРНО 3. ТОЧИТИ ФАСКИ НАЧИСТО 4. ТОЧИТИ КАНАВКУ 5. НАРІЗАТИ РІЗЬБУ M27 × 1.5		РІЗЕЦЬ КАНАВ-ОЧНИЙ ДСТУ 18874-93  РІЗЕЦЬ РІЗЬБОВИЙ З ПЛАСТИНКАМИ З ТВЕРДОГО СПЛАВУ ДСТУ 18885-93	МІКРОМЕТР ГЛАДКИЙ МК50 ДСТУ 6507-98  РІЗЬБОВИЙ КАЛІБР КІЛЬЦЕ M27 ДСТУ 1623-91	
020	КРУГЛОШЛІФОВАЛЬНА 1. ШЛІФУВАТИ Ø25. Ø30. Ø32.	3У131В	КРУГ ШЛІФОВАЛЬНИЙ 600 × 63 × 305 6СМ40СМ1	МІКРОМЕТР ГЛАДКИЙ МК50 ДСТУ 6507-98 ІНДИКАТОР ІРБ ДСТУ 577-99	ЦЕНТРИ ОБЕРТОВІ ДСТУ 8742-75

025	<p>ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛУВАЛЬНА</p> <p>1. СВЕРДЛИТИ ОТВІР Ø5 ММ</p> <p>2. ЗЕНКЕРУВАТИ ОТВІР Ø6.8 ММ</p> <p>3. РОЗВЕРТАТИ ОТВІР Ø7 ММ</p>	2Н135	<p>СВЕРЛО СПИРАЛЬНЕ Ø5 ІЗ L=133 І=52 ШВИДКОРИЗАЛЬНОЇ СТАЛІ Р6М5 З КОНІЧНИМ ХВОСТОВИКОМ ДСТУ 10903-97 ЗЕНКЕР Ø6,8L=156 І=30 ТВЕРДОСПЛАВНИЙ ІЗ КОНІЧНИМ ХВОСТОВИКОМ ДСТУ 21544-96 РОЗВІРТКА МАШИННА Ø6 L=156 І=30 ІЗ КОНІЧНИМ ХВОСТОВИКОМ ДСТУ1672-2000</p>	КАЛІБР-ПРОБКА Ø7	КОНДУКТОР
030	<p>ШПОНОЧНО-ФРЕЗЕРНА</p> <p>1. ФРЕЗЕРУВАТИ ШПОНОЧНИЙ ПАЗ</p> <p>2. ФРЕЗЕРУВАТИ ПАЗ</p>	6Д91	<p>ФРЕЗА ШПОНОЧНА ІЗ ТВЕРДОГО СПЛАВУ D=5 ДСТУ 9140-98</p>	КАЛІБР-ПРОБКА ;	КОНДУКТОР
035	КОНТРОЛЬНА				

## 2.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на токарну обробку поверхні Ø30k6 (начисто).

### 1. Вибір інструмента

Вибираємо різець токарний контурний з механічним кріпленням клин-прихватом трьохгранних пластин із твердого сплаву

$$\varphi=45^\circ; \alpha=6^\circ; b \times h=20 \times 20 \text{ [3, с.130, т.26]}$$

$$\varphi_1=45^\circ; \lambda=2^\circ; r=0.5 \text{ мм.}; \gamma=10^\circ \text{ [4, с.190, 191]}$$

### 2. Глибина різання

$$t=1 \text{ мм.}$$

### 3. Подача

$$S = 0,1 \text{ мм/об.}$$

### 4. Швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.9)$$

де  $C_V$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – зміні параметри;

$$C_V = 270, m = 0,23, x = 0,12, y = 0,25 \text{ [1, табл. 17, с. 269];}$$

$T$  – стійкість різця,  $T = 50$  хв.

$K_V$  – поправочний коефіцієнт

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (2.10)$$

де  $K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі,  $K_{nv} = 1$  [1, табл. 5 с. 263].

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,

$$K_{iv} = 2.5 \text{ [1, табл. 6 с. 263]}$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$$K_{mv} = 1.7 \text{ [1, табл. 1 с. 261]}$$

$$V_p = \frac{270}{50^{0,23} \cdot 1^{0,12} \cdot 0,1^{0,25}} \cdot 1.7 \cdot 1 \cdot 2.5 = 72.831 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 72.831}{3,14 \cdot 30} = 750 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 750}{1000} = 70.7 \text{ м/хв.}$$

6. Визначення сили різання

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (2.11)$$

де  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – зміні параметри,

$$C_p = 55, x = 1, y = 0,66, n = 0 \text{ [1, табл. 22, с. 273]}$$

$K_p$  – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

де  $K_{mp} = 0,75$ ;  $K_{\phi p} = 1,0$ ;  $K_{\gamma p} = 1,0$ ;  $K_{\lambda p} = 1,0$ ;  $K_{rp} = 1,0$

$$P_z = 10 \cdot 55 \cdot 1^1 \cdot 0,1^{0,66} \cdot 783,7^0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90,26 \text{ Н.}$$

7. Потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{90,26 \cdot 783,7}{1020 \cdot 60} = 1,16 \text{ кВт.}$$

8. Перевірка можливості обробки на верстаті

$$N_{\text{шт}} \geq N_p$$

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

Так як  $N_{\text{шт}} = 8 \text{ кВт} > N_p = 1,16 \text{ кВт}$ , то обробка на даному верстаті  
МОЖЛИВА.

9. Час обробки

$$t_o = \frac{L_p}{n \cdot S} \cdot i,$$

де  $L_p$  – довжина ходу різця;

$i$  – число проходів,  $i = 1$ ;

$$L_p = L + \Delta + y,$$

де  $L$  – довжина обробки,  $L = 40$  мм;

$\Delta$  – величина врізання,  $\Delta = 1$  мм;

$y$  – величина перебігу,  $y = 1,5$  мм;

$$L_p = 40 + 1 + 1,5 = 42,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{42,5}{750 \cdot 0,1} \text{ Ч} = 0,45 \text{ хв.}$$

Для інших операцій режими різання розраховуємо табличним методом і результати заносимо в табл. 8.

Таблиця 2.5 – Операції механічної обробки

Найменування і короткий зміст операції	t, мм	Sm, мм/хв	Sz, мм/зуб	So, мм/об	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	Np, кВт	L, мм	To, хв
005. Заготівельна									
010. Фрезерно-центрувальна									
1.Фрезерувати два торці одночасно	2,3	945	0,15	1,5	19,8	630	2,6	95	0,5
2.Центрувати два торці одночасно	1,6	160	0,15	0,1	15,8	160	3	12,8	
015. Токарна з ЧПК									
Установ А									
Точити :									4.03
1.поверхню 4 начорно	2,5			0,2	27.8	350		25	
2.поверхню 5 начорно	2,5			0,2	32,9	350		40	
3.поверхню 8 начорно	2,5			0,2	38,4	350		5	
4.поверхню 4 начисто	0,5			0,2	58.8	750		25	
5.поверхню 5 начисто	0,5			0,2	70,6	750		40	
6.поверхню 8 начисто	0,5			0,2	82,4	750		5	
7.фаску 11,12	1			0,1	30.5	450		1.5	
Установ Б									
8. поверхню 3 начорно	2,5			0,2	29,6	350		40	6.47
9. поверхню 9 начорно	2,5			0,2	27.8	350		18	
10. поверхню 6 начорно	2,5			0,2	32,9	350		10	
11. поверхню 7 начорно	2,5			0,2	35,16	350		13	
12.поверхню 3 начисто	0,5			0,2	63,5	750		40	
13.поверхню 9 начисто	0,5			0,2	58.3	750		18	
14.поверхню 6 начисто	0,5			0,2	70,6	750		10	
15.поверхню 7 начисто	0,5			0,2	75.3	750		13	
16.фаску 13,14,15	1			0,1	30.5	450		1.5	
17..нарізати різьбу 3	2			0,6	1.5	60		2	
020. Кругло-шліфувальна									
Шліфувати : 1.Поверхні 4,5,6,7.	0,2	0.2		0.2	56.5	600	2.2	105	4.17
020.Вертикально-свердлувальна									
1.Свердлувати отвір 10			0.15	0,4	64.8	315	3.15	25	0.398
2.Зенкерувати отвір 10	0.4		0.12	1,0	56.6	256.2	3.12	25	
3.Розвертати отвір 10	0.1		0.2	0,5	58.2	287.9	1.56	25	
025.Шпоночно-фрезерна									
1.Фрезерувати паз 16	1	200		0.16	4.6	160	1.57	25	4.21
2.Фрезерувати паз 17	2.5	200		0.16	4.6	160	1.93	13	
030. Контрольна									

## 2.6 Технічне нормування операцій

Результати розрахунку зведено в таблицю 9.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу,  $T_{ш.к.}$

$$T_{ш.к.} = \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.}, \quad (2.12)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (2.13)$$

де  $T_{шт.}$ -штучний час обробки деталі, хв.

$T_{п.з.}$ -підготовчо-заклучний час на обробку, хв.

$n$  - кількість деталей в налагоджуємій партії

$T_o$ -основний час обробки, хв.

$T_v$ -допоміжний час обробки, хв.

$T_{об}$ -час на обслуговування робочого місця, хв.

$T_{від}$ -час відпочинку, хв.

$$T_o = 4,17 \text{ хв.}$$

$$T_v = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.14)$$

де  $T_{вст}$ -час встановлення та зняття деталі, хв.

$T_{з.о}$ -час на закріплення та відкріплення деталі, хв.

$T_{кер}$ -час на керування верстатом, хв.

$T_{вим}$ -час на вимірювання деталі, хв.

$$T_{вст} = 0.14 \times 1.5 = 0.21 \text{ хв.}, [2, \text{с.199}]$$

$$T_{кер} = (0.01 + 0.035 + 0.05 + 0.04 \times 4) \times 1.5 = 0.382 \text{ хв.}, [2, \text{с.202...203}]$$

$$T_{з.о} = 0.02 \text{ хв.}, [2, \text{с.202}]$$

$$T_{вим} = (0.16 + 0.18) \times 1.5 = 0.51 \text{ хв.}$$

$$T_B = 0.21 + 0.382 + 0.02 + 0.51 = 1.122 \text{ хв.}$$

де 1.5 - поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва - багатосерійний, [2,с.101]

$$T_{O.B.} + T_{ВД.} = \Pi_{OБ.ВД.} \cdot \left( \frac{T_O + T_E}{100} \right), \quad (2.15)$$

де  $\Pi_{OБ.ВД.}$  - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби

$$\Pi_{OБ.ВД.} = 6 \%, \quad [2,с.215]$$

$$T_{O.B.} + T_{ВД.} = 6 \cdot \left( \frac{2,35 + 1,122}{100} \right) = 0,208 \text{ хв.},$$

$$T_{шт.} = 2.35 + 1.122 + 0.208 = 3.67 \text{ хв.}$$

$$T_{п.з.} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв.}, [2,с.216]$$

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

де  $a$  - періодичність запуску деталей,  $a = 12$  днів.

$$n = \frac{18000 \cdot 12}{254} = 850.31.$$

Виконуємо корегування, яке полягає в визначенні числа змін та партій деталей за зміну.

$$C = \frac{T_{шт.} \cdot n_p}{476 \cdot 0.8} = \frac{3,53 \cdot 850.31}{476 \cdot 0.8} = 7.87.$$

Приймаємо  $C_{пр} = 2$  зміни.

$$n_{пр.} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шт.}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{3.63} = 207.5.$$

Тоді

$$T_{шт.к.} = \frac{23}{207.5} + 3,67 = 3,78. \text{ хв.}$$

Таблиця 2.6 – Норми часу

	To	Tвст	Tз	Tкер	Tвим	Tдоп	Toб+Tвід	Tшт	Tп.з	Tшт.к
010	0,2	0.21	0.04	0.79	0.59	1.64	0.24	0.9	8	0.92
015	10,5	0.21	0.02	0.24	0.89	1.37	0.199	12,74	23	12.76
020	4,17	0.21	0,04	0.79	0.55	1.60	0.237	5.5	20	5.66
025	0,39	0.21	0,02	0.24	0.89	1.37	0.199	1.09	20	1.11
030	4,21	0.21	0,02	0.79	0.46	1.48	0.134	5,91	19	5.93

## 2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

На рисунку 2.2 показаний токарний центр з ЧПК моделі HAAS ST-20.



Рисунок 2.2 – Токарний центр із ЧПК моделі HAAS ST-20

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі вал.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit.
2. Створено заготовку (рис 2.3)

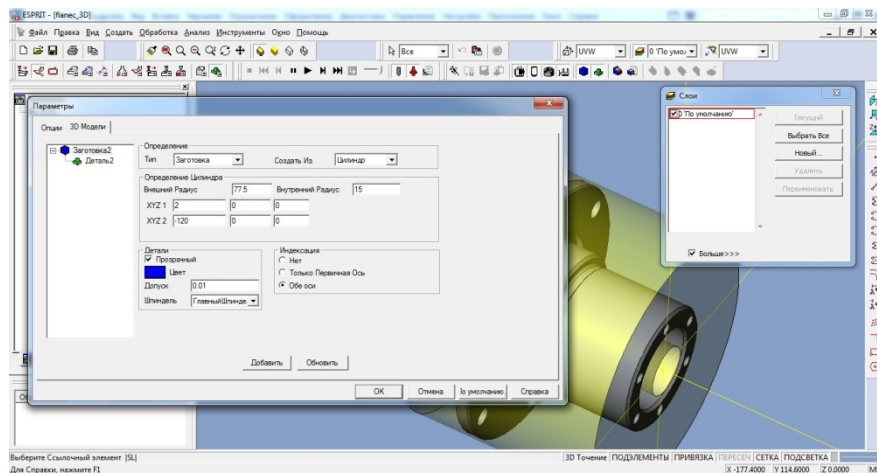


Рисунок 2.3 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю.
4. Вибрано вид оброблення – «Чернова обробка» (рис. 2.4).

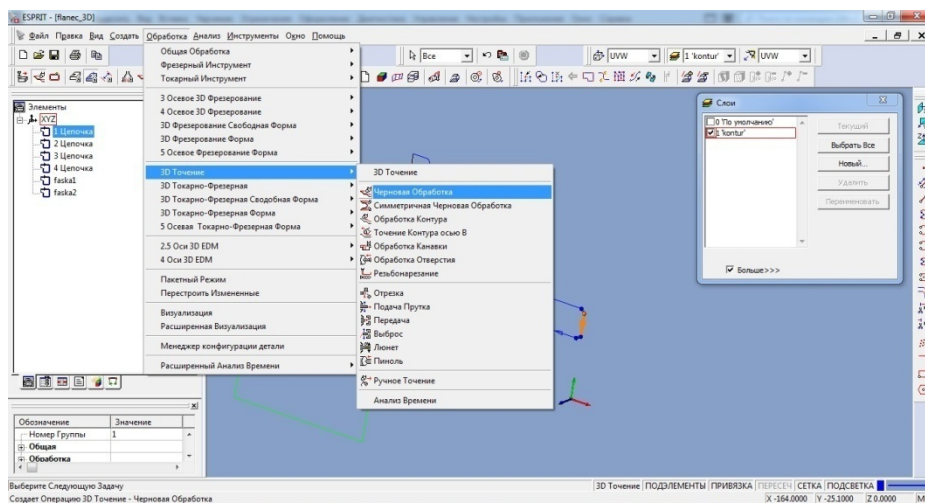


Рисунок 2.4 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри.
6. Вибрано режими різання.
7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі.
8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.5).

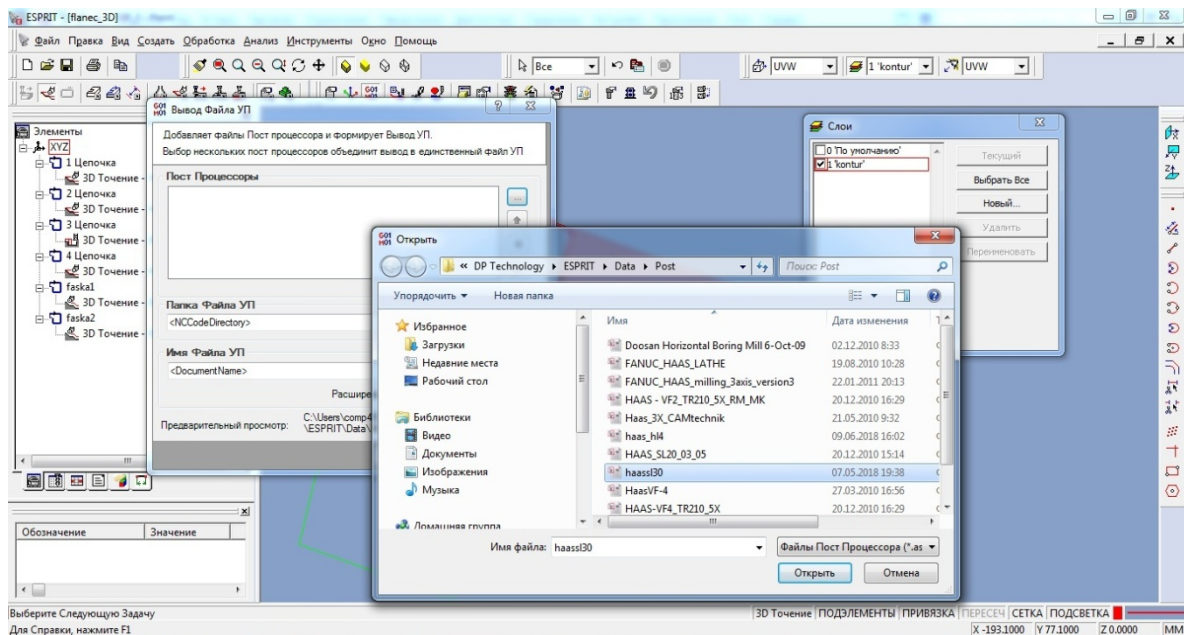


Рисунок 2.5 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодi

Керуюча програма наведена у додатку В.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Проектування верстатного пристрою

Згідно із завданням на курсовий проект необхідно спроектувати пристрій для свердлування отвору на 025 операції

*Вибір схеми базування та закріплення деталі.*

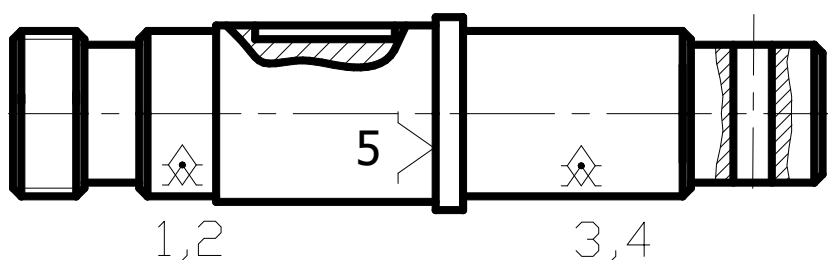


Рисунок 3.1 - Схема базування

*Вибір установочних елементів пристрою.*

В якості установочних елементів використовуємо гладку циліндричну поверхню -палець на який деталь встановлюється отвором  $\varnothing 32H7$  , а базовим торцем деталь встановлюється на плиту і закріплюється прихватом

*Розрахунок точності обробки.*

Допустима похибка обробки

$$\Delta_{\text{доп}} = T - k \times w, \quad (3.1)$$

де  $T$ -допуск на відповідний розмір,  $T=0.12\text{мм}$

$k$ -поправочний коефіцієнт ,  $k=1.2$

$w$ -похибка верстата,  $w=0.02\text{мм}$

Похибка установки деталі в пристрої

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{пр}}^2}, \quad (3.2)$$

де  $\xi_{\delta}$ -похибка базування ,

$$\xi_{\delta}=0.5 \cdot T d(1/\sin \alpha-1)=0.5 \cdot 0.12(1/\sin 45-1)=0.02 \text{ мм}$$

$\xi_3$ -похибка закріплення ,  $\xi_3=0.012 \text{ мм}$  [7 ст 180]

$\xi_{\text{пр}}$ -похибка пристрою ,

$$\xi_{\text{пр}}=(1/4 \dots 1/10) T_{\text{д}}=(1/4 \dots 1/10) \times 0.3=(0.075 \dots 0.03) \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\xi_{\text{пр}}=0.03$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0.02^2 + 0.012^2 + 0.03^2} = 0.038$$

$$\Delta_{\text{доп}}=0.12-1.2 \times 0.02=0,096 \text{ мм.}$$

Так як  $\Delta_{\text{доп}} > \varepsilon_y$  то пристрій сконструйовано вірно

*Розрахунок сили закріплення деталі.*

В зв'язку з тим що в даному випадку невиникає зусиль , які зміщують деталь з місця (при свердлуванні невиникає ніяких зусиль крім вісьової сили та крутного моменту ,або вони дуже малі).

*Вибір приводу пристрою.*

*1.Параметри пристрою.*

Приймаємо що кондуктор накладний спеціальний буде фіксуватись на пристрої з допомогою тарільчатих пружин. Тарільчаті пружини забезпечують високу точність центрування(при точності отвору по 7 квалітету точність центрування 0.01...0.002 мм).Тарільчаті пружини створюють значні зусилля зажиму , які створюють моменти зажиму в межах 170Н·м , що відбувається за допомогою приросту зовнішнього діаметру , про вісьовому стисненні пружини ,

на 0.1-0.4 мм .Серед переваг цих пружин також відсутність в з'єднанні тертя ковзання , що забезпечує відсутність заклинювання.

Кут прогину  $\beta=12^\circ$

Товщина пружини  $t=1.0$  мм

Умовно задаємось моментом тертя який необхідно щоб виникав в з'єднанні  $M_{тр}=1500$  Нмм

Сила натяжки однієї пружини

$$Q=k \cdot M_{тр} \cdot \operatorname{tg}(\beta-2)/(R \cdot f), \quad (3.3)$$

де  $k$ - коефіцієнт запасу ,  $k=1.2$

$R$ -радіус встановчої поверхні ,  $R=72$  мм

$f$ -коефіцієнт тертя ,  $f=0.1$

$$Q=1.2 \cdot 1500 \cdot \operatorname{tg}(12-2)/(72 \cdot 0.1)=44 \text{ Н}$$

Для нашої вибраної пружини мінімальне зусилля для стиску рівне 2850 Н , отже приймаємо таке значення , тоді найбільший момент тертя який розвиває пружина рівний 3140 Нмм, що більше чим достатньо.

*Момент на різьбі*

Для створення зусилля на пружину величиною 3140 Нмм необхідно мати слідуєчий момент на різі

$$M_p=Q \cdot d_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha+\varphi)/2, \quad (3.4)$$

де  $\alpha$ -кут підйому різі ,  $\alpha=2^\circ 30'$

$\varphi$ -приведений кут тертя ,  $\varphi=5.7^\circ$

$d_{cp}$  -середній діаметер різі М6 ,  $d_{cp}=5.234$  мм

$$M_p=3140 \cdot 5.234 \cdot \operatorname{tg}(2.5+5.7)/2=1178 \text{ Нмм}$$

*Довжина важеля*

Довжину важіля будемо визначати з умови , що робітник вільно прикладає зусилля 200 Н

$$L=1178/200=59 \text{ мм}$$

що допустимо.

*Розрахунок на міцність елемента пристрою.*

Розрахунку підлягє різьбове з'єднання

$$d=\sqrt{4Q/(\pi\sigma)},$$

де Q-сила що діє на болт Q=31400 Н

$\sigma$ -допустиме значення межі текучості для болта (матеріал болта Сталь 35 ГОСТ1050-88)  $\sigma=320 \text{ Н/мм}$

$$d=\sqrt{4 * 3140 / (120 * 3.14)} = 5.7 \text{ мм}$$

Отже болт вибрано вірно  $d < 6 \text{ мм}$

*Принцип роботи пристрою*

Деталь встановлюється на плиту на палець. На пристрій відповідно , попередньо виконавши орієнтацію кондуктора, встановлюємо кондуктор накладний. Орієнтація кондуктора полягає в заходженні напрямного штифта , що розміщений на пальцеві в відповідний напрямний отвір на кондукторі . Далі накладаємо на гайку з чотирьох-гранною головкою , що знаходиться на болтові , накидний важіль-ключ і прижимаємо гайку до корпусу кондуктора , тим самим притискаємо пружину до деталі . Деталь встановлена і зажата .

### 3.2. Проектування контрольно-вимірювального пристрою

*Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.*

Для даної деталі, вал, згідно завдання на курсовий проект, пристрій необхідно контролювати відхилення від співвісності посадочної поверхні.

*Вибір схеми контролю заданого параметру.*

Згідно рекомендацій [8], вибираємо наступну схему контролю. Схема зображена на рис.3.2.

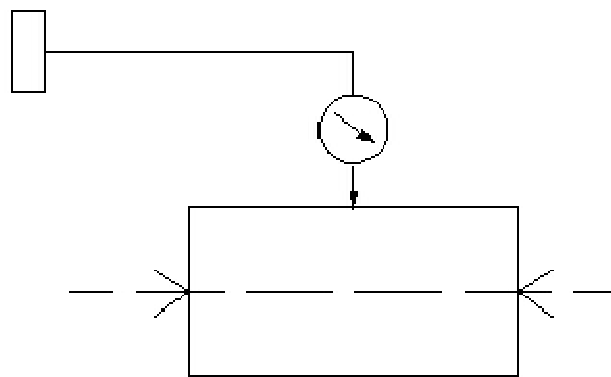


Рисунок 3.2 - Схема базування

#### *Опис конструкції і роботи пристрою*

Пристрій складається з плити поз. 16 на якій встановлена індикаторна стійка позиції 7, 10, 17, 9, 8, 11; регульованої стійки позиції 1, 2, 4, 3, 18 і нерегульованого центра поз. 13, 12, 5.

Деталь встановлюється в нерегульований центр 12 а з іншого торця затискується регульованим центром 4, який підводиться з допомогою гвинта 1. Центр 4 фіксується зажимом 4. Пружина 3 використовується для регуляції затискуючого зусилля.

На вісь 7 встановлюється індикатор багатообертовий часового типу, яким безпосередньо проводиться контроль.

Вісь поз. 7 встановлюється в державку 9 і фіксується за допомогою зажиму поз. 8. Державка поз. 9 фіксується на стійці 10 з допомогою зажиму поз.

11. На вісі 7 є державка яка фіксується зажимом поз. 18, в державку встановлюється індикатор багатообертовий часового типу.

Опускаємо індикатор за допомогою вісі поз. 7 на поверхню, що контролюється, даємо невеликий напуск та фіксуємо ричаг за допомогою зажиму поз. 18.

Встановлюємо індикатор на нульову відмітку. Провертаємо деталь на  $360^\circ$ , фіксуючи покази індикатора. Фіксуємо максимальну різницю значення показів. На протязі вимірювання сідкуємо щоб значення показів індикатора не перевищували значення допуску на контрольований параметр. Знімаємо деталь з пристрою і вкладаємо в тару для зберігання.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз технологічного процесу з точки зору охорони праці

Будь який технологічний процес, що впроваджується у виробництво, повинен відповідати правилам та нормам по охороні праці, а саме: єдиним правилам, що розповсюджуються на всі галузі народного господарства; міжгалузевим правилам, що розповсюджуються на декілька галузей; галузевим правилам, що розповсюджуються на окремі галузі, характерні своєю специфічністю.

Важливе місце серед правил та норм відводиться системі стандартів безпеки праці, що являє собою комплекс пов'язаних стандартів, напрямлених на забезпечення безпеки праці.

Контроль та нагляд за виконанням норм та правил виконують спеціально вповноваженні державні організації та інспекції, що не залежать від діяльності підприємства; та професійні союзи, а також їм підпорядковані технічна та правова інспекції праці. Вищий нагляд за точним виконанням законодавства про працю покладається на генерального прокурора держави.

Технологічний процес, що проектується має порівняно традиційний характер для машинобудівного комплексу. Він складається з процесу отримання заготовки, механічної обробки на металорізальних верстатах, контролю браку, транспортування та складування.

Заготовка отримується з прокату. Пруток потрібної довжини відрізається на абразивно-відрізногому напівавтоматі. Використання абразивно-відрізнних напівавтоматів є дуже високопродуктивним, але потенціально небезпечним для робітників, що виконують цю операцію. До шкідливих факторів можна віднести те, що під час абразивної обробки, в повітря виділяється велика кількість металевого та абразивного пилу. Пил злітає у повітря і можливе попадання його до організму людини через стравохід та дихальні шляхи. Значне виділення тепла в зоні обробки, а також можливе відлітання розпечених часточок металу є небезпечним для органів зору а при

попаданні їх на шкіряні покрови можливі мікро опіки в наслідок високої температури останніх. При використанні мастильно-охолоджувальної рідини можливе її розбризкування. Це небезпечно для органів зору робітника, а також може спричиняти подразнення шкіри в оточуючих працівників. В той же час МОР попереджає розлітання пилу, примушуючи його стікати разом із собою. Що є дуже актуальним при шліфуванні, коли зона різання насичена металевим та абразивним пилом.

На дільниці по виготовленню деталі вал розроблено ряд заходів з охорони навколишнього середовища.

Так видалення відходів мастильно-охолоджуючої рідини виконується у централізованому порядку по заводу у спеціально відведені ємності. В цеху передбачено примусову вентиляцію, штучне і природне освітлення. Бетонні стіни з прошарком звукопоглинаючої речовини оберігають навколишнє середовище від шуму. Так як на дільниці не має термообладнання, то захисту навколишнього середовища від теплових випромінювань не потребується.

На дільниці виконується два рази на зміну вологе прибирання. Для дільниці передбачено галерею кімнатних рослин, кімнату психоделічного розвантаження та кімнати прийому їжі. В цеху також передбачено освітлення від природного світла.

На дільниці розташовані засоби по безпеці життєдіяльності.

Загальні вимоги до безпеки, що пред'являються до металообробних верстатів, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями їх конструкції та умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої, огорожувальні зону обробки, повинні захищати працюючого від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні — не забруднювати підлогу змащувально-

охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Автомати та напівавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром до 500 мм, час зупинки шпинделя з патроном (без закріпленої заготовки) після виключення не повинен перевищувати 5 с, а у верстатах для обробки заготовок діаметром до 630 мм — 10 с. Цей час для свердлильних верстатів не повинен перевищувати 3 с, для розточних верстатів — 6 с, для універсально-фрезерних — 5 с.

В зубообробних верстатах автоматичне вимкнення руху інструменту та елементів кінематичного ланцюга по закінченні циклу обробки заготовки має відбуватися за час не більше: для зубошевінговальних, зубохонінгувальних і зубонакатних верстатів — 5 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють конусним, профільним, абразивним кругом, — 30 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють черв'ячним кругом, — 40 с.

Складальні одиниці і деталі масою більше 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів, рим-болтів і т. д., призначені для безпечного підйому і переміщення їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.

На верстатах або автоматичних лініях для установки заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подачі електроенергії, масла, повітря. Для установки заготовок масою більше 250 кг належить використовувати внутріцехові підйомні засоби.

До окремих верстатів стандартом обумовлені додаткові вимоги безпеки.

Для токарних верстатів товщина матеріалу захисного пристрою збільшується не менш ніж у два рази при обробці заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с. Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

Пруткові токарні автомати і пруткові револьверні верстати слід по всій довжині прутків оснащати огороженнями, що мають шумопоглинаючі пристрої.

Поздовжньо-стругальні верстати повинні мати гальмові й пружно-обмежувальні пристрої, що запобігають небезпеці при викиді столу, в разі виходу його із зачеплення з приводним елементом.

В абразивно-відрізних верстатах необхідно передбачати можливість приєднання до них індивідуальних відсмоктуючих пристроїв для видалення продуктів різання з робочої зони.

Шліфувальні верстати повинні мати підвищену надійність кріплення захисного кожуха, що забезпечує утримання його на місці в разі розриву круга. Круглошліфувальні верстати, що працюють зі швидкістю круга 60 м/с і вище, повинні мати зону обробки (звернену до працівника), повністю закриту захисним пристроєм. Захисний кожух і його оглядове вікно обладнуються відповідно до вимог до швидкісного різання.

Стрічкові пилки для різання металу огорожують так, щоб відкритою залишалася тільки робоча частина пилки. Огорожа огинає шків, по яких проходить стрічка, при цьому шків додатково огорожують з бічних сторін.

У верстатів стругального типу огорожуються зони руху стола або повзуна, що виходять за габарити верстата. Огороження може бути виконане у вигляді бар'єру або іншого пристрою, що перегороджує доступу працюючих в цю зону.

Для швидкохідних поздовжньо-стругальних верстатів обов'язкові гальмуючі і обмежуючі рух столу пристрої для запобігання викиду столу

(платформи) при виході його з зачеплення. Механізми подачі, реверсивний механізм для зміни ходу, проміжки між стійками і столом огорожують щитами.

При різанні листового металу на гільйотинних ножицях можливе попадання рук робітника між ріжучими кромками. Щоб уникнути цього, нижню кромку ножиць з'єднують зі столом і нерухомою запобіжної лінійкою, що не допускає потрапляння пальців працюючого під ніж і притискний пристрій. Конструкція ножиць така, що виключена можливість самовільного опускання верхнього ножа.

При різанні заготовок на стрічкових і круглих пилах необхідно використовувати пристосування, що усувають можливість ушкодження пальців робітника.

На верстатах свердлильного типу оброблювані вироби встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах та інших пристосуваннях, надійно укріплених на столі або плиті верстата. Механізм кріплення патронів повинен забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструменту. Автоматична лінія по механічній обробці виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів.

Управління автоматичною лінією здійснюється з центрального пульта, що забезпечує роботу у налагоджувальному і автоматичному режимах. При цьому система автоматичного управління повинна виключати можливість самопереключення лінії з налагоджувального режиму на автоматичний. При роботі на налагоджувальному режимі всі верстати і агрегати автоматичної лінії мають самостійні органи управління для їх пуску і зупину.

Обов'язково повинні бути передбачені сигнальні пристрої про включення лінії на налагоджувальний або автоматичний режим.

Необхідно також, щоб всі верстати і агрегати автоматичної лінії (як на автоматичному, так і на налагоджувальному режимах) щоб уникнути аварій, працювали в послідовності, встановленій технологічним процесом, і мали справну систему блокування для дотримання цієї послідовності.

Рухомі частини верстатів, агрегатів та інших пристроїв автоматичної лінії, а також інструмент і оброблюваний виріб, огорожують надійними кожухами, що виключають можливість доступу робочого до небезпечної зони під час роботи лінії.

Видалення стружки від місця її утворення за межі автоматичної лінії повинно відбуватися автоматично, наприклад змив її рідиною, використання скребкових конвеєрів, вакуумних пристроїв і т. п.

Контроль виробів під час роботи лінії на автоматичному режимі повинен здійснюватися тільки за допомогою контрольних приладів на лінії.

#### 4.2 Розрахунок заземлення верстатів

Розраховуємо пристрій захисного виробничого заземлення, яке складається із з'єднаних між собою горизонтальною сталюю стрічкою і заглиблених у землю вертикальних заземлювачів.

Вихідні дані:

грунт – суглинок;

заземлювач – кутникова сталь довжиною 3 м і шириною 0,06 м ( $l = 3$  м;  $b = 0,06$  м);

ширина сталюї горизонтальної полоси -  $b_n = 0,06$  м;

глибина закладки полоси -  $h = 0,95$  м;

питомий опір ґрунту -  $\rho = 140$  Ом·м;

розміщення заземлювачів – у ряд.

Визначаємо опір розтіканню електричного струму від одиночного вертикального заземлювача:

$$R_1 = 0,366 \frac{\rho}{l} \left( \lg \frac{2l}{\alpha} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

де  $t$  - глибина до середини вертикального заземлювача, м;

$$t = h + \frac{l}{2} = 0,95 + \frac{3}{2} = 2,45 \text{ м};$$

$$\alpha = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 0,06 = 0,057 \text{ м.}$$

$$\text{Тоді } R_1 = 0,366 \frac{140}{3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,057} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,45 + 3}{4 \cdot 2,45 - 3} \right) = 36,9 \text{ Ом.}$$

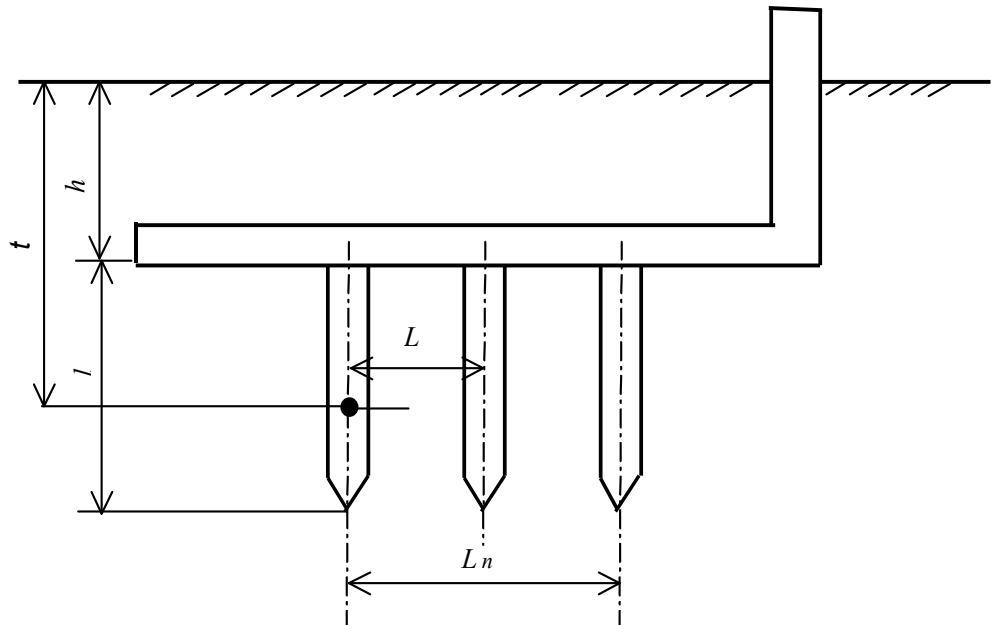


Рисунок 4.1 Схема розміщення заземлювачів

Так як величина  $R_1$  перевищує максимально допустиму величину опору розтіканню електричного струму всієї системи захисного заземлення ( $R_0 = 4 \text{ Ом}$ ), то визначаємо кількість вертикальних заземлювачів цієї системи заземлення.

Попередньо кількість вертикальних заземлювачів визначаємо за формулою:

$$n \geq \frac{R_1}{2 \cdot R_0} = \frac{36,9}{2 \cdot 4} = 4,6; \text{ приймаємо } n = 5.$$

Виходячи із величини  $n$ , визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів:

$$\eta_s = 0,74.$$

Визначаємо загальний опір розтікання електричного струму усіх вертикальних заземлювачів

$$R_6 = \frac{R_1}{n \cdot \eta_6} = \frac{36,9}{5 \cdot 0,74} = 9,9 \text{ Ом.}$$

Визначаємо довжину полоси, яка з'єднує вертикальні заземлювачі

$$l_n = 1,05 \cdot L(n-1),$$

де  $L$  - віддаль між двома сусідніми вертикальними заземлювачами, м;

$$L = 3 \cdot l = 3 \cdot 3 = 9 \text{ м.}$$

$$\text{Тоді } l_n = 1,05 \cdot 9(5-1) = 37,8 \text{ м.}$$

Визначаємо опір розтікання електричного струму з'єднувальної полоси

$$R_n = 0,366 \frac{\rho}{l_n} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_n^2}{b_n \cdot h} = 0,366 \cdot \frac{140}{37,8} \cdot \lg \frac{2 \cdot 37,8^2}{0,06 \cdot 0,95} = 6,37 \text{ Ом.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір розтікання електричного струму, який виникає у системі захисного заземлення:

$$R_p = \frac{R_6 \cdot R_n}{R_6 \cdot \eta_n + R_n},$$

де  $\eta_n$  - коефіцієнт використання полоси, який враховує взаємне екранування полоси і з'єднаних нею вертикальних заземлювачів,  $\eta_n = 0,88$ .

$$\text{Тоді } R_p = \frac{9,9 \cdot 6,37}{9,9 \cdot 0,88 + 6,3} = 3,87 \text{ Ом.}$$

Умова  $R_p < R_0 - 3,87 < 4$  - виконується, отже, даний пристрій відповідає вимогам ПУЕ.

## ВИСНОВКИ

В основі даної бакалаврської роботи розглянуто проектування технології виготовлення деталі “вал”.

В роботі розроблений технологічний процес на основі типового, приведено техніко-економічне обґрунтування вибору маршруту, що доводить економічну доцільність прийнятої технології.

В технологічному процесі механічної обробки, що розроблявся, в якості технологічного обладнання були впроваджені високопродуктивні верстати з ЧПК фірми HAAS (США).

Так як виробництво серійне то впровадження високопродуктивного устаткування є єдиним можливим варіантом забезпечення високої продуктивності, підвищення якості деталі, що оброблюється, зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми зв'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною інструменту, що звичайно має місце при обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах.

Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки і технологічного процесу обробки, що підтвердило доцільність та економічність прийнятого варіанту. Виконані розрахунки припусків на механічну обробку, що забезпечує раціональне використання металу на виготовлення деталі, розраховані режими обробки які забезпечують високу точність і якість обробки.

Спроектовано контрольний пристрій для контролю торцевого биття.

За допомогою САМ програми Esprit створено керуючу програму на верстат HAAS ST-20.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Гордеев А.І. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник / А.І. Гордеев, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносков, В.Г. Мігаль. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294 с.
3. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000 " , 2012 . - 358 с.
4. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. / С.Г. Бондаренко – Чернігів: ЧДТУ, 2005. – 567 с.
5. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2009. – 567 с.
6. Добрянський, С.С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ : 2020. – 379 с.  
[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32136/1/2020\\_Dobrianskyi\\_Malafieiev\\_TOM.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32136/1/2020_Dobrianskyi_Malafieiev_TOM.pdf)
7. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
8. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С.. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів

машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 353 с., іл.

9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т1. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. –М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.

10. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т2. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ [А.М. Дальский и др.].–М.: Машиностроение — 1, 2001 – 944с.

11. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

12. <https://www.sandvik.coromant.com/> (вибір металорізального інструм.)

13. Кириченко Л. С., Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології, управління якістю : навч. посіб. Київ: Київ. нац. торг-екон. ун-т, 2011. 446 с.

14. Охорона праці. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах студентів спеціальності “Інженерна механіка” та “Машинобудування” / А.А. Нестер, К.А. Паршенко – Хмельницький: ХНУ – 2009.