

Хмельницький національний університет

Факультет: інженерної механіки  
Кафедра: Технології машинобудування

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

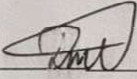
до дипломної роботи


ОКР- бакалавр

Галузь знань: 13

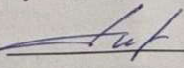
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «Технологія виготовлення деталі «Вал черв'ячний БК1112.02.011 з  
використанням верстатів з ЧПК»

Виконав студент групи ПМТ-17-1  (В.М.Дячук)

Керівник бакалаврської роботи:  (С.С.Бись)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри  (В.П.Ткачук)

29 06 2022 р.

Хмельницький – 2022 року

Реферат

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Бакалавру В.М.Дячуку

Тема затверджена наказом ректора

№18 від 01.03.2022 р.

Тема роботи: «Технологія виготовлення деталі «Вал черв'ячний БК1112.02.011  
з використанням верстатів з ЧПК»

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I \_\_\_\_\_ 30.04.2022

Розділ II \_\_\_\_\_ 10.05.2022

Розділ III \_\_\_\_\_ 30.05.2022

Розділ IV \_\_\_\_\_ 05.06.2022

Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі - лист А2; 2 Креслення заготовки - лист А2; 3. Карта наладки верстата Naas – 1 лист А1; 4. Верстатний пристрій - 1 лист А1; 5.Калібр-скоба - лист А3.

Термін подання закінченої роботи на кафедрі 10.06.2022

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ В.П.Ткачук

Керівник \_\_\_\_\_ С.С.Бись

Бакалавр \_\_\_\_\_ В.М.Дячук

## Реферат

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі «Вал черв'ячний БК1112.02.011  
\_з використанням верстатів з ЧПК»

Автор Дячук В.М. Керівник проекту : Бись С.С.

Об'єм пояснювальної записки. стор. Графічна частина.4,5.листів А1.

В загальному розділі виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу. Режими різання визначалися аналітичним способом та за програмою розрахунку режимів фірми Sandvik Coromant. Розроблено програму обробки деталі в САМ-Esprit.

В конструкторському розділі виконано розрахунки пристрою для обробки шпонкового паза, контрольно-вимірювального пристрою (калібр-скоби).

В розділі охорони праці приведено дані по безпечній експлуатації дільниці.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Вал черв'ячний», специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор проекту: Дячук В.М.

/Підпис/

2022 р.

Дата

Міністерство освіти і науки України  
Хмельницький національний університет

### РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект студента Дячука В.М.

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі «Вал черв'ячний  
БК1112.02.011 з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення штока з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

В конструкторській частині розроблено конструкцію пристрою для фрезерування шпонкового пазу, розраховано калібр-скобу. Всі рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломному проекті не виявлено.

Дипломний проект, виконаний згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «добре».

*Процент навч. матеріалів машинобудування  
та агроінженерії:*

«20» «серпня» 2022 р.

*(Медведчук Н.К.)*

Завідувачу кафедри  
Технології машинобудування  
здобувача вищої освіти  
студента Дячука В.М.  
факультету інженерії, транспорту та  
архітектури, гр. ПМТ-18-1

### 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. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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.

\_\_\_\_\_

дата

  
\_\_\_\_\_

підпис

Завідувачу кафедри  
Технології машинобудування  
здобувача вищої освіти  
студента Дячука В.М.  
факультету інженерії, транспорту та  
архітектури, гр. ПМТ-18-1

### 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. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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.

\_\_\_\_\_

дата

  
\_\_\_\_\_

підпис

## ЗМІСТ

	Вступ		7
1	Загальний розділ		8
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.		8
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі		8
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі		12
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва		14
2	Технологічний розділ		16
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання		16
2.2	Вибір технологічних баз		18
2.3	Встановлення планів обробки поверхонь деталі		19
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування		20
2.5	Розрахунок припусків		23
2.5.1	Розрахунок припуску на обробку Ø55k6		23
2.5.2	Табличний метод		26
2.6	Призначення режимів різання		28
2.7	Технічне нормування операцій		40
2.8	Оформлення технологічної документації		42

					<b>ДРБ.ПМ.ФІМ.22.00.00ПЗ</b>			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив.		Дячук В.М.			«Технологія виготовлення деталі «Вал черв'ячний БК1112.02.011» з використанням верстатів з ЧПК (Пояснювальна записка)			7
Перевірив		Бись С.С.						
Н. Контр.		Бись С.С.						
Затвердив		Ткачук В.П.						<b>ХНУ-ПМТ-18-1</b>

3	Конструкторський розділ	43
3.1	Проектування верстатного пристрою для фрезерування лисок	43
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі	43
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою	43
3.1.3	Розрахунок точності обробки	43
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі	44
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою	45
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність	46
3.1.7	Опис роботи пристрою	46
3.2	Проектування скоби для контролю діаметра $d_{55k6}$	47
4	Охорона праці	49
	Висновки	57
	Література	58
	Додатки	60

## ВСТУП

У технології машинобудування розвиток відбувається за наступними напрямками: підвищення якості та економічності засобів технологічного обладнання; створення ефективних технологічних процесів; створення оптимальної системи управління та планування виробництва; - комплексна автоматизація виробництва на базі АСУП, що включає розробку конструкцій виробів, технологічне проектування, календарне планування та ін.

Застосування прогресивного обладнання та інструменту здатне призвести до значного зниження собівартості продукції та трудомісткості її виробництва. До таких же результатів може призвести та використання досконалих методів отримання заготовок з мінімальними припусками під механічну обробку. Критерії побудови ефективного технологічного процесу залежить від типу виробництва та можливостей підприємства. Автоматизація виробництва всіх його етапах дозволяє суттєво скоротити час підготовки виробництва, впровадження нових виробів, оперативно вносити зміни до діючих технологічних процеси.

Верстати з ЧПУ відрізняються від традиційних верстатів-автоматів тим, що вони мають можливість швидкого переналагодження, а воно полягає лише в заміні програми. Найбільша частина підготовчо-заключного часу витрачається не на переналагодження верстата, а на заміну оснастки – пристроїв та комплектів інструментів, тому пристрої повинні в максимальній мірі забезпечувати швидку заміну або переналагодження.

## ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування.

Тема бакалаврської випускної роботи – «Технологія виготовлення деталі «Вал черв'ячний БК1112.02.011» з використанням верстатів з ЧПК.

В бакалаврській роботі необхідно розв'язати такі питання:

- Вдосконалити технологічний процес оброблення деталі на основі використання верстатів з ЧПК;
- розробити структуру та спроектувати технологічні операції, послідовність виконання технологічних переходів;
- вибрати режими різання для різальних інструментів фірми «Sandvik Coromant»;
- розробити верстатний пристрій для фрезерування шпонкового пазу;
- розрахувати контрольний інструмент - калібр-скобу.

Вихідними даними для розробки дипломного проекту слугують:

- Креслення робоче деталі «Вал черв'ячний БК1112.02.011».
- Технічні умови.
- Випуск деталей в рік – 5000 шт.;
- Фонд часу верстатів (в дві зміни) - 4015 год.;
- Фонд часу працюючих - 1860 год

### 1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.

Деталь «Вал черв'ячний» являється однією із базових деталей одноступінчастий черв'ячного редуктора.

Черв'ячний редуктор служить для передачі крутного моменту між валами з осями, що схрещуються. Черв'ячні механізми мають можливість великого зменшення швидкості ( $i=6...80$ ), можливістю самогальмування,

безшумністю, плавністю зачеплення, мають відносно невелику масу передачі на одиницю потужності, що передається. У редуктора вал черв'ячний є провідним елементом передачі, являє собою ступінчастий вал з виконаною на середній ступені архімедовою гвинтовою поверхнею. Гвинтова поверхня черв'яка повинна мати малу шорсткість для зменшення тертя у передачі; на цьому черв'яку шорсткість гвинтової поверхні - Ra 1,6.

Також ця деталь має 2 точні шийки під підшипники. Точність цих шийок задана допуском на розмір (кб), допуском на відхилення форми (допуск на відхилення від циліндричності), допуском на взаємне розташування поверхонь (допуск на відхилення від співвісності). Для виключення перекосу підшипника після встановлення, заданий допуск на відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні, в яку впирається підшипник.

Шпонковий паз також має досить високу точність і шорсткість (Ra3,2), так як шпонка є концентратором напруг і необхідно виключити надмірний зазор або натяг у цьому з'єднанні.

Матеріал виготовлення вала черв'ячного – сталь 45 ГОСТ 1050-2013 (якісна вуглецева конструкційна). сталь). Матеріал повинен мати високу твердість, тому гвинтову поверхню вала черв'ячного піддають загартуванню, після якого твердість становить HRC 56 ... 62 од.

Хімічний склад сталі 45 надано в табл. 1.1, механічні показники - в табл. 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>
			He			
0,40...0,5	0,17...0,3	0,5...0,8	0,045	0,045	0,3	0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

$\sigma_T$ МПа	$\sigma_B$ МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , кДж/см <sup>2</sup>	НВ
360	610	16	40	50	197...247

Ескіз деталі із позначенням поверхонь, що обробляються, приведено на рис. 1.1.

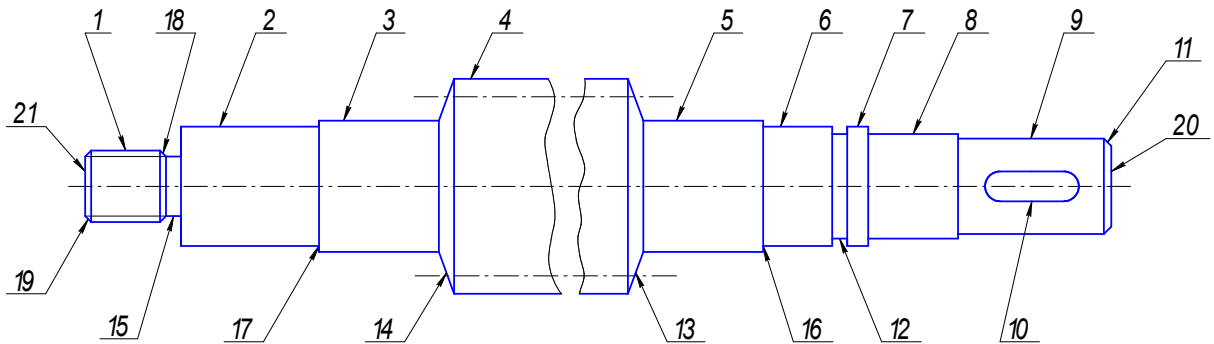


Рис.1 – Поверхні деталі «Вал черв'ячний»

Таблиця 1.3 - Поверхні деталі «Вал черв'ячний»

№ п/п	Назва поверхні	Номінальн. розмір, мм	Точність (квалітет), IT	Шорстк., Ra, мкм	Інші т.у.
1	2	3	4	5	6
1	Різьба	M32×1,5	6g	6,3	
2	Поверхня	Ø55	k6	0,8	
3	Поверхня	Ø62	h14	6,3	

Закінчення табл.1.3

1	2	3	4	5	6
4	Спіраль Архімеда		8-B	0,8	Параметри в табл. (Лист ДРБ.ПМТ.ФІМ.22 01.01.00)
5	Циліндрична поверхня	Ø62	h14	6,3	
6	Поверхня	Ø55	k6	0,8	
7	Поверхня	Ø55	h14	6,3	
8	Поверхня	Ø50	h14	6,3	
9	Поверхня	Ø40	n6	0,8	
10	Шпоночний паз	b=12	P9	1,6	
11	Фаска	2×45°	±IT14/2	6,3	
12	Канавка	Ø35	h14	6,3	
13	Фаска	19×20°	±IT14/2	6,3	
14	Фаска	19×20°	±IT14/2	6,3	
15	Канавка	Ø21, b=3	h14	6,3	
16	Канавка для виходу шліф. кругу	b=5	h14	6,3	
17	Канавка для виходу шліф. кругу	b= 5	h14	6,3	
18	Фаска	2×45°	±IT14/2	6,3	
19	Фаска	2×45°	±IT14/2	6,3	
20	Торець	420	±IT14/2	6,3	
21	Торець	420	±IT14/2	6,3	

Допуск циліндричності посадочних поверхонь для підшипників – 0,005 мм. Допуск співвісності посадочних поверхонь для підшипників кочення відносно їх загальної осі для відвертання перекошу кілець підшипників – 0,01 мм.

Допуск перпендикулярності базового торця вала для запобігання перекошу кілець підшипників та викривленню геометричної форми доріжки кочення внутрішнього кільця підшипника – 0,01 мм.

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

#### 1.3.1 Якісна оцінка технологічності

Деталь відноситься до класу валів із ступінчастими поверхнями. Вал-шестірню можна вважати технологічною, так як вона є ступінчастим валом, де розміри ступенів зменшуються від середини валу до торців, що забезпечує зручне і вільне підведення ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь.

Обробка ведеться уніфікованим різальним інструментом, контроль точності поверхні проводиться універсальним вимірювальним інструментом. Деталь складається з уніфікованих елементів таких як центрові отвори, шпонковий паз, фаски, канавки, лінійні розміри, шліци.

Зовнішні поверхні деталі можуть бути використані як установочні бази при обробці, крім того, вони можуть бути використані як бази при складанні.

Всі поверхні, що обробляються, мають зручне розташування для їх механічної обробки. Деталь допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій.

Деталь працює у складних експлуатаційних умовах, можливий підвищений знос у місцях контакту опорних шийок з підшипниками.

За нетехнологічну поверхню можна вважати поверхню архімедової спіралі черв`яка, але вона необхідна по конструкції деталі.

Таким чином по якісним показникам деталь «Вал черв'ячний» являється технологічною.

### 1.3.2 Кількісна оцінка

б) Коефіцієнт точності оброблення  $K_m$  :

$$K_m = 1 - 1/A_{cp}$$

де  $A_{cp}$  – середня точність оброблення:

$$A_{cp} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}) / \sum n_i$$

де  $n_i$  – число поверхонь деталі з певним квалітетом.

$$A_{cp} = (14 \cdot 2 + 12 \cdot 7 + 8 \cdot 2 + 6 \cdot 2) / 21 = 10,76$$

$$K_m = 1 - 1/10,76 = 0,901$$

Деталь технологічна, так як  $K_m > 0,8$ .

в) Коефіцієнт шорсткості оброблення  $K_{ш}$  :

$$K_{ш} = 1/B_{cp}$$

де  $B_{cp}$  – середня шорсткість оброблення,  $R_a$ , мкм.

$$B_{cp} = (0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}) / \sum n_i$$

де  $n_i$  – число поверхонь деталі різної шорсткості.

$$B_{cp} = (1,25 \cdot 1 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 7) / 21 = 5,93$$

$$K_{ш} = 1 / 5,93 = 0,168$$

Деталь технологічна, так як  $K_{ш} < 0,32$ .

5) Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{в.м.}$  :

$$K_{в.м.} = q/Q$$

де  $Q$  – маса заготовки,  $Q = 7,8$  кг,  $q$  – маса деталі,  $q = 6,1$  кг;

$$K_{в.м.} = 6,1 / 7,8 = 0,78$$

Деталь технологічна.

#### 1.4 Тип і організаційна форма виробництва

По ГОСТ тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції  $K_{з.о.}$ :

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

де  $O$  - число різноманітних операцій;

$P$  – число робочих місць з різноманітними операціями.

Але попередньо тип виробництва визначаємо за таблицею 3 [4] при масі деталі  $m = 6,1$  кг та програмі випуску  $N = 3000$  шт. тип виробництва приймаємо середньосерійний.

Таблиця 3 – Вибір типу виробництва

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	Дрібносерійне	середньосерійне	великосерійне	масове
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Тип виробництва характеризує форму побудови технологічного процесу, згідно ГОСТ 14.312-74 прийнято потокову форму, що характеризується розташуванням засобів технологічного оснащення у послідовності виконання операцій та спеціалізацією робочих місць.

## 2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір методу отримання заготовки

Вибираємо два способи отримання заготовки [3]:

1. Заготовка отримується із круглого прокату.

2. Заготовка отримується методом штампування.

а) Розглядаємо варіант заготовки – сортовий круглий калібрований прокат.

Маса заготовки:

$$Q = V_{заг} \gamma = 0,0018 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 14,04 \text{ кг.}$$

Маса деталі:

$$q = V_{дет} \gamma = 0,0008 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 6,1 \text{ кг.}$$

Витрати:

$$S_{заг1} = QS - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000} \text{ грн.},$$

де  $S$  – ціна 1 кг матеріалу заготовки,  $S = 1,5 \text{ грн.}$ ;

$S_{відх}$  – ціна 1 т відходів,  $S_{відх} = 144 \text{ грн.}$ .

$$M = 14,04 \cdot 1,5 - (14,04 - 6) \frac{144}{1000} = 19,9 \text{ грн.}$$

б) Розглядаємо варіант заготовки – штамповка на ГKM.

Маса заготовки:

$$Q = 1,3 \cdot q = 1,3 \cdot 6 = 7,8 \text{ кг.}$$

Маса деталі:

$$q = 6 \text{ кг.}$$

Витрати:

$$S_{заг2} = \left( \frac{C}{1000} Q k_T k_C k_B k_M k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000} \text{ грн.},$$

де  $C$  – базова ціна 1 т заготовок,  $C=3200$  грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$  - коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та об'єму виробництва заготовок.

Значення коефіцієнтів:  $k_T = 0,9, k_C = 1, k_B = 0,87, k_M = 1, k_{II} = 1$ .

$$S_{заг2} = \left( \frac{3200}{1000} 7,8 \cdot 0,9 \cdot 0,87 \right) - (7,8 - 6) \frac{144}{1000} = 19,28 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$E = (S_{заг2} - S_{заг1})N,$$

де  $N$  – річна програма,  $N=10000$  шт.

$$E = (19,9 - 19,28)19000 = 6200 \text{ грн.}$$

Таким чином при використанні штампування для отримання заготовок, економічний ефект становить 6200 грн. в порівнянні із прокатом.

Тому методом отримання заготовки приймаємо штампування.

## 2.2 Вибір технологічних баз

При фрезеруванні торців та центруванні з двох сторін, заготовку базуємо по поверхні двох циліндричних ступенів заготовки (заготовка втрачає 4 степені вільності) (Рис.2).



Рис 2 – Базування заготовки на чорновій операції

При обробці циліндричних поверхонь (при точінні та шліфуванні) заготовка базується на центрові отвори. Схема базування приведена на рис. 3.

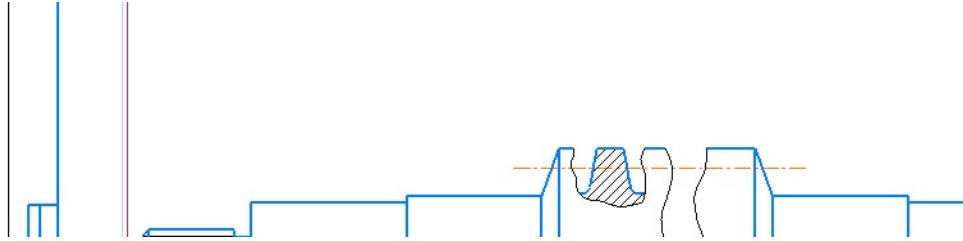


Рис. 3 – Схема базування на чистовій операції

При обробці шпонкового пазу для базування приймаємо оброблені зовнішні циліндричні поверхні та оброблену поверхню торця деталі (Рис.4).

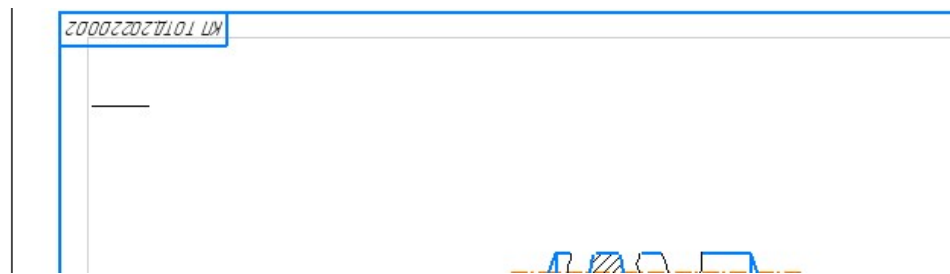


Рис. 4 – Схема базування при фрезеруванні шпонкового пазу

### 2.3 Встановлення планів обробки поверхонь деталі

Таблиця 3 - Методи обробки поверхонь

№ п/п	Назва елемента	Квалітет точності	Шорсткість $R_A$ , мкм	План обробки поверхні
1.	Різьба М32	6g	6,3	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове 3. Нарізання різьби
2.	Поверхня Ø55	k6	0,8	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове 3. Попереднє шліфування 4. Чистове шліфування
3.	Поверхня Ø62	h14	6,3	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове
4.	Витки черв'яка	8-B	0,8	1. Чорнове нарізання 2. Чистове нарізання 3. Попереднє шліфування 4. Термічна обробка 5. Шліфування чистове
5.	Поверхня Ø100	h14	6,3	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове
6.	Поверхня Ø55	k6	0,8	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове 3. Попереднє шліфування 4. Чистове шліфування
7.	Поверхня Ø62	h14	6,3	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове
8.	Поверхня Ø50	h14	6,3	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове
9.	Поверхня Ø40	n6	0,8	1. Чорнове точіння 2. Точіння чистове 3. Попереднє шліфування 4. Чистове шліфування
10.	Шпон. паз	P9	1,6	1. Фрезерування
11.	Фаска	$\pm IT14/2$	6,3	1. Точіння
12.	Канавка Ø55	h14	6,3	1. Точіння
13.	Фаска	$\pm IT14/2$	6,3	1. Точіння
14.	Фаска	$\pm IT14/2$	6,3	1. Точіння
15.	Канавка Ø40	h14	6,3	1. Точіння
18.	Фаска	$\pm IT14/2$	6,3	1. Точіння

Закінчення табл.3

19.	Фаска	$\pm IT14/2$	6,3	1. Точіння
-----	-------	--------------	-----	------------

20.	Торець	$\pm IT14/2$	6,3	1. Фрезерування 2. Чистове точіння
21.	Торець	$\pm IT14/2$	6,3	1. Фрезерування 2. Чистове точіння

#### 2.4. Вибір варіанта технологічного маршруту

Технологічний маршрут вибираємо по мінімуму приведених затрат на одиницю продукції,

Варіант технологічного маршруту:

005 Заготівельна.

010 Фрезерно-центрувальна.

015 Токарна.

020 Токарна.

025 Токарна.

030 Горизонтально-фрезерування.

035 Шліфувальна.

040 Шліфувальна.

045 Термічна (гартування СВЧ)

050 Шліфувальна

055 Контрольна

Порівняємо два варіанти токарної обробки:

1. Обробка на токарному верстаті з ЧПК HAAS ST-10;
2. Обробка на токарно-гвинторізному верстаті 1A616.

Варіант 1:

$$C_{п.в} = C_з + C_{г.в} + E_H (K_B + K_B),$$

де  $C_з$  – основна і додаткова зарплата з начисленнями, коп./год;

$C_{г.в}$  – годинні витрати експлуатації робочого місця, коп./год;

$E_H$  – нормативний ( $E_H = 0,15$ );

$K_B, K_B$  – питомі годинні вклади капіталу відповідно в верстат та будівлю, коп./год.

Основна і додаткова зарплата з начисленнями:

$$C_3 = \varepsilon C_{T\Phi} k y,$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату  $\varepsilon = 1,53$  [2, с.39];

$C_{T\Phi}$  – погодинна тарифна ставка верстатника-відрядника відповідного розряду,

$$C_{T\Phi} = 500,3 \text{ коп./год [2], с.40, табл.2.14};$$

$k$  – коефіцієнт, який враховує зарплату наладчика (в умовах серійного виробництва  $k=1$ );

$y$  – коефіцієнт, який враховує зарплату робочого при багатOVERстатному обслуговуванні  $y=0,65$  [2], с.40.

$$C_3 = 1,53 \cdot 500,3 \cdot 1 \cdot 0,65 = 500,2 \text{ коп./ год.}$$

Погодинні витрати експлуатації робочого місця:

$$C_3 = C_{Г.В}^{Б.П} k_M,$$

де  $C_{Г.В}^{Б.П}$  - практичні погодинні витрати на базовому робочому місці (в серійному виробництві  $C_{Г.В}^{Б.П} = 446 \text{ коп./ год}$  ;

$k_M$  – коефіцієнт, який показує в скільки раз витрати, пов'язані з роботою на даному верстаті, більше, чим аналогічні витрати на базовому верстаті,  $k_M = 1,6$  [2, с.147, табл.2].

$$C_3 = 446 \cdot 1,6 = 713,6 \text{ коп./ год.}$$

Питомі годинні вклади капіталу в верстат:

$$K_B = \frac{100C}{F_D \eta_3},$$

де  $C$  – балансова ціна верстата,  $C=545000$  грн. [2], с.163, табл.4.7;

$F_D$  – дійсний фонд часу,  $F_D = 2030$  год;

$\eta_3$  - завантаження верстата,  $\eta_3 = 0,8$ .

$$K_B = \frac{545000 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 33500,59 \text{ коп./ год.}$$

Питомі годинні вклади капіталу в будівлю:

$$K_B = \frac{100 \cdot 78,4F}{F_D \eta_3},$$

де  $F$  – виробнича площа, яку займає верстат,  $m^2$ .

$$F = f \cdot k_f,$$

де  $f$  - площа верстата в плані,  $f=3,98 m^2$  [2, с.163, табл.4.7];

$k_f$  – коефіцієнт, який враховує площу додаткових виробничих площ,  $k_f=3,5 m^2$  [2, с.43].

$$F = 3,98 \cdot 3,5 = 13,93 m^2.$$

$$K_B = \frac{78,4 \cdot 13,93 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 67,25 \text{ коп./год.}$$

$$C_{П.В1} = 500,2 + 713,6 + 0,15(33559 + 67,25) = 6257,7 \text{ коп./год.}$$

Другий варіант:

$$C_{П.В} = C_3 + C_{Г.В} + E_H (K_B + K_Б),$$

де  $C_3$  – основна і додаткова зарплата з начисленнями, коп./год;

$C_{Г.В}$  – годинні витрати експлуатації робочого місця, коп./год;

$E_H$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності вкладів капіталу (в машинобудуванні  $E_H = 0,15$ );

$K_B, K_Б$  – питомі годинні вклади капіталу відповідно в верстат та будівлю, коп./год.

Основна і додаткова зарплата з начисленнями:

$$C_3 = \varepsilon C_{ТФ} k y,$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату  $\varepsilon = 1,53$  [2], с.39;

$C_{ТФ}$  – погодинна тарифна ставка верстатника-відрядника відповідного розряду,  $C_{ТФ}=606$  коп./год [2], с.40, табл.2.14;

$k$  – коефіцієнт, який враховує зарплату наладчика (в умовах масового виробництва  $k=1$ );

$y$  – коефіцієнт, який враховує зарплату робочого при багатостанковому обслуговуванні  $y=1$  [2, с.40].

$$C_3 = 1,53 \cdot 606 \cdot 1 \cdot 1 = 977,2 \text{ коп./год.}$$

Погодинні витрати експлуатації робочого місця:

$$C_3 = C_{Г.В}^{Б.П} k_M,$$

де  $C_{Г.В}^{Б.П}$  - практичні погодинні витрати на базовому робочому місці (в масовому виробництві  $C_{Г.В}^{Б.П} = 446 \text{ коп./год}$ );

$k_M$  – коефіцієнт, який показує в скільки раз витрати, пов'язані з роботою на даному верстаті, більше, чим аналогічні витрати на базовому верстаті,  $k_M = 1,6$  [2], с.147, табл.2.

$$C_3 = 446 \cdot 1,6 = 713,6 \text{ коп./год.}$$

Питомі годинні вклади капіталу в верстат:

$$K_B = \frac{Ц100}{F_D \eta_3},$$

де  $Ц$  – балансова ціна верстата,  $Ц = 170050$  грн. [2], с.163, табл.4.7;

$F_D$  – дійсний фонд часу,  $F_D = 2030$  год;

$\eta_3$  - завантаження верстата,  $\eta_3 = 0,8$ .

$$K_B = \frac{170050 \cdot 100}{2030 \cdot 0,85} = 9855,1 \text{ коп./год.}$$

Питомі годинні вклади капіталу в будівлю:

$$K_B = \frac{78,4F100}{F_D \eta_3},$$

де  $F$  – виробнича площа, яку займає верстат,  $\text{м}^2$ .

$$F = f \cdot k_f,$$

де  $f$  - площа верстата в плані,  $f = 3,98 \text{ м}^2$  [2, с.163, табл.4.7];

$k_f$  – коефіцієнт, який враховує площу додаткових виробничих площ,  $k_f = 4 \text{ м}^2$  [2, с.43].

$$F = 1,99 \cdot 4 = 7,96 \text{ м}^2.$$

$$K_B = \frac{78,4 \cdot 7,96 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 38,43 \text{ коп./год.}$$

$$C_{П.В2} = 977,2 + 713,6 + 0,15(9855,8 + 38,43) = 3174,9 \text{ коп./год.}$$

Собівартість обробки на верстаті з ЧПК є вищою, але його продуктивність і можливості багатOVERSTATного обслуговування значно більші, тому приймаємо обробку на верстаті з ЧПК.

## 2.5. Розрахунок припусків

2.5.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір  $420h12(-0,4)$  мм.

Маршрут обробки поверхні

-фрезерування торця;

Мінімальний припуск розраховуємо:

$$Z_{\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi},$$

де  $R_{zi-1}$ ,  $h_{i-1}$ ,  $\Delta_{\Sigma i-1}$  - відповідно висота нерівностей профілю, глибина дефектного шару, сумарна похибка відхилення поверхонь на попередньому переході, мкм;  $\varepsilon_{yi}$  - похибка установки на переході, що виконується, мкм.

Розрахунок припусків ведемо згідно рекомендацій [2].

Визначаємо параметри елементів припуску.

Заготовка – отримується методом штампування на кривошипно-шатунному пресі.

$$R_{z_{заг}} = 160 \text{ мкм}, h_{заг} = 250 \text{ мкм} [2], \text{ табл.4.3}$$

Просторову похибку заготовки визначаємо за формулою

$$\Delta_{\Sigma заг} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{корк}^2},$$

де  $\rho_k$  - похибка викривлення заготовки,  $\Delta_{\Sigma заг} = \Delta_k \cdot L$ , де  $\Delta_k$  - питома викривлення заготовки;  $\Delta_k = 1,0$  мкм/мм [3], табл. 16;

$L$  – довжина,  $L = 420$  мм;

$$\rho_{корк} = 1 \cdot 420 = 420 \text{ мкм}$$

$\rho_{зм}$  - зміщення осі поковки при штампуванні у різних половинах штампа,

$$\Delta_{zm} = 0,6 \text{ мм}, [3], \text{ табл. 12}$$

$$\Delta_{\Sigma заг} = \sqrt{420^2 + 600^2} = 732 \text{ мкм}$$

Допуск розміру заготовки  $T_{заг} = 1600 \text{ мкм}$ .

Точіння:

$$R_{зточ.} = 50 \text{ мкм.}; h_{точ.} = 50 \text{ мкм} \quad [2], \text{ табл.4.5.}$$

$$\text{Просторова похибка} \quad \Delta_{\Sigma точ.} = \Delta_{заг} \cdot K_y,$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення,  $k_y = 0,06$  [2], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma l} = 732 \cdot 0,06 = 44 \text{ мкм.}$$

Похибка установки заготовки - 200 мкм [3], табл.19.

Допуск переходу  $T_{точ.} = 400 \text{ мкм}$ .

Визначені значення параметрів припуску записуємо в табл. 2.7.

Розраховуємо мінімальний припуск.

Точіння:

$$Z_{i \text{ min.}} = 160 + 250 + 732 + 200 = 1342 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові розміри. В графу “Розрахунковий розмір” для кінцевого переходу (точіння) записуємо найменший граничний розмір деталі за кресленням

$$L_{розр.} = 420,0 - 0,40 = 419,6 \text{ мм.}$$

Для переходу перед кінцевим рахуємо розмір додаванням до розрахункового найменшого розміру розрахункового припуску:

$$L_{розр. заг.} = 419,6 + 1,342 = 420,942 \text{ мм}$$

Знаходимо крайні найменші розміри по технологічним переходам при заокругленні розрахункових розмірів у більшу сторону до того знака, з яким дається допуск на розмір:

$$L_{нм заг.} = 421,0 \text{ мм};$$

$$L_{нм дет.} = 419,6 \text{ мм};$$

Таблиця 2.7 - Розрахунок припусків на обробку торця в розмір 420<sub>-0,4</sub>

мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	$\varepsilon_i$				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	160	250	732	-		420,942	1,6	421,0	422,6		
Фрезерування	50	50	37	200	1342	419,6	0,4	419,6	420	1,4	2,6

Знаходимо крайні найбільші розміри при додаванні допуску до заокругленого крайнього найменшого розміру:

$$L_{нб\ фрез.} = L_{нм\ дет.} + T_{дет.} = 419,6 + 0,4 = 420,0 \text{ мм}$$

$$L_{нб\ заг.} = H_{нм\ заг.} + T_{заг.} = 421 + 1,6 = 422,6 \text{ мм}$$

Знаходимо максимальні граничні припуски як різницю максимальних граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів:

$$Z_{нб} = L_{нб\ заг.} - L_{нб\ дет.} = 422,6 - 420,0 = 2,6 \text{ мм}$$

Знаходимо мінімальні граничні припуски як різницю найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів:

$$2Z_{нм} = L_{нм\ заг.} - L_{нм\ дет.} = 421 - 419,6 = 1,4 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = Z_{нб} - Z_{нм}$$

$$1,6 - 0,4 = 2,6 - 1,4 - \text{розрахунок виконано правильно.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$Z_{ном.} = Z_{нм} + H_3 - H_0,$$

де  $H_3$  – відхилення нижнє заготовки,  $H_3 = 1,0$  мм;

$H_0$  – нижнє відхилення деталі,  $H_0 = 0,4$  мм

$$Z_{ном.} = 1,4 + 1,0 - 0,4 = 2,0 \text{ мм.}$$

Розмір номінальний заготовки:

$$L_{\text{ном. заг.}} = L_{\text{ном. дет.}} + 2Z_{\text{ном}} = 420,0 + 2 \times 2,0 = 424,0 \text{ мм}$$

Схема припусків, допусків та граничних розмірів представлена на рис. 5.

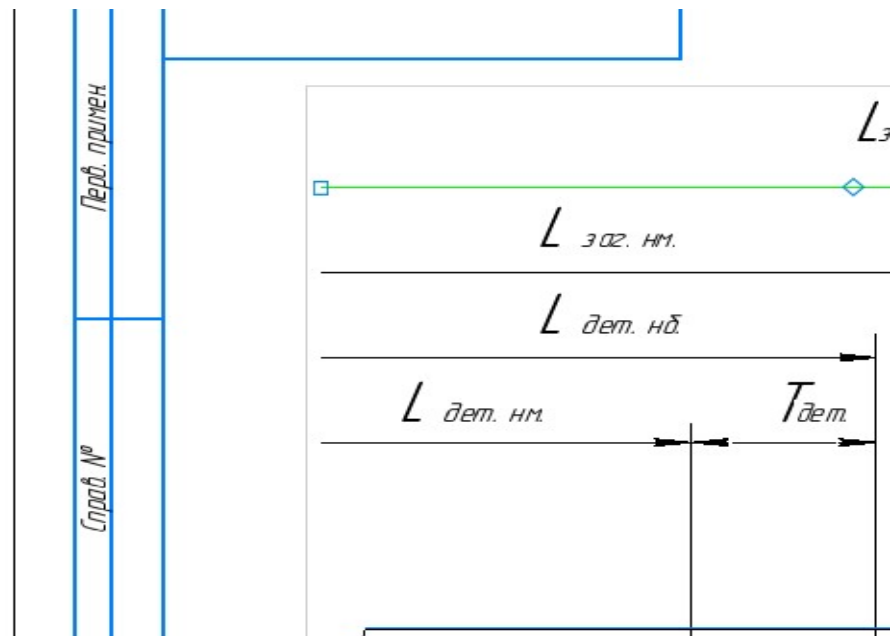


Рис.5 - Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів

### 2.5.2 Вибір припусків по таблицям

Вибір припусків проводимо по ГОСТ 7505-89 – «Поковки стальные штампованные».[8]

1. Точність виготовлення поковки – Т3.
2. Група сталі – М2.
3. Поверхня роз'єму – П – плоска.
4. Розрахункова маса поковки.

$$m_{\text{пок}} = 1,3m_{\text{дет}} = 1,3 \cdot 6 = 7,8 \text{ кг.}$$

5. Степінь складності – С2.
6. Початковий індекс – 12.
7. Основні припуски на механічну обробку

Таблиця 4

Номинальні розміри	Шорсткість $R_A$ , мкм	Припуски	Допуски розмірів	Розміри поковки та їх відхилення
420	6,3	2,0	$+2,4$ $-1,2$	$424^{+2,4}$ $-1,2$
125	6,3	1,8	$+1,6$ $-0,9$	$130^{+1,6}$ $-0,9$
Ø100	0,8	1,9	$+1,6$ $-0,9$	$Ø104,5^{+1,6}$ $-0,9$
Ø62	6,3	1,7	$+1,4$ $-0,8$	$Ø66^{+1,4}$ $-0,8$
Ø50	6,3	1,6	$+1,3$ $-0,7$	$Ø54,6^{+1,3}$ $-0,7$
Ø55	0,8	1,8	$+1,3$ $-0,7$	$Ø55^{+1,3}$ $-0,7$
105	6,3	1,8	$+1,6$ $-0,9$	$105^{+1,6}$ $-0,9$
86	6,3	1,7	$+1,4$ $-0,8$	$86^{+1,4}$ $-0,8$

8. Допуски лінійних розмірів поковки – див. табл. 4.

9. Додаткові припуски, що враховують:

- відхилення від плоскості – 0,5 мм;
- зміщення по поверхні роз'єму штампку – 0,3 мм.

10. Розміри поковки та їх допустимі відхилення

Розміри поковки та їх допустимі відхилення, з врахуванням додаткових припусків, занесені у табл. 4.

11. Мінімальна величина радіусів заокруглення

$$R_{\min} = 3,0 \text{ мм.}$$

12. Штамповочні нахили

зовнішні -  $5^\circ$

2.6 Призначення режимів різання

2.6.1. Аналітичний розрахунок режимів різання на фрезерування торця

Обладнання: фрезерно-центрувальний верстат мод МР71.

Різальний інструмент– фреза торцева іа змінними пластинками сплаву Т15К6,  $D_{\text{фр}}=125$  мм,  $z = 8$ , ГОСТ 22086-76.

Глибина різання  $t = 2,5$ мм;

Подача  $S_z = 0,1$  мм/зуб [7], табл.34.

Обчислюємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

де  $C_v$  - коефіцієнт;  $m, q, x_v, y_v, u_v, p_v$  - показники степенів;

$C_v = 332$ ;  $q = 0,2$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $m = 0,2$ ;  $u_v = 0,2$ ;  $p_v = 0$  [7], табл. 39.

Період стійкості фрези  $T = 180$  хв. [7], табл.40.

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{M_v} K_{n_v} K_{u_v},$$

де  $K_{M_v}$  - коефіцієнт якості матеріалу:

$$K_{M_v} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_\sigma} \right)^{n_v},$$

де  $K_\Gamma = 1,0$  [7], табл.2;  $n_v = 1,0$  [7], табл.2,  $\sigma_\sigma = 610$  МПа, тоді

$$K_{M_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^{1,0} = 1,22$$

$K_{n_v}$  - коефіцієнт стану поверхні заготовки,  $K_{n_v} = 0,9$  [7],

табл. 5;

$K_{u_v}$  - коефіцієнт інструментального матеріалу торцевої фрези,  $K_{u_v} = 1,0$ , [7],

табл.6.

Тоді.  $K_v = 1,22 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,1$

$$V = \frac{332 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 85^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 1,1 = 274,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 274,6}{3,14 \cdot 125} = 699,6 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо:

$$n = 630 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 630}{1000} = 247,2 \text{ м/хв.}$$

Сила різання при фрезеруванні  $P_z$ :

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp},$$

де  $C_p$  - постійний коефіцієнт;  $x, y, u, q, w$  - показники степенів,

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,2; w = 0,2; [7], \text{табл. 41.}$$

$K_p$  - поправочний коефіцієнт,  $K_p = K_{mp}$ ;

$$K_{mp} = \left( \frac{O_s}{750} \right)^n, \text{де } n = 0,75 [7], \text{табл. 9.}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 80^{1,1} \cdot 8}{125^{1,3} \cdot 515^{0,2}} \cdot 0,85 = 1639,3 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{1639,3 \cdot 247,2}{60 \cdot 1020} = 6,6 \text{ кВт.}$$

Перевірка верстата, значення потужності має відповідати умові:

$$N \leq 1,2 N_\phi \eta,$$

де  $N_\phi$  - потужність двигуна, кВт;  $N_\phi = 10$  кВт.

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,75$ ;

$6,6 \leq 10 \cdot 0,75 \cdot 1,2$  - умова виконується.

Основний час обробки поверхні

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n},$$

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

$$L_{p.x.} = L_{piz.} + l_{вр.} + l_{дод.}$$

де  $L_{piz.}$  - довжина різання,  $L_{piz.}$ , мм,  $l_{вр.}$  - запас на врізання торцевої фрези,

$l_{вр.} = 12$  мм [8], с. 300;  $l_{дод.}$  - додаткова довжина,  $l_{дод.} = 4$  мм.

$$L_{p.x.} = 85 + 12 + 4 = 96 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{101}{0,8 \cdot 630} = 0,2 \text{ хв.}$$

2.6.2 Аналітичний розрахунок режимів різання при свердлуванні центрального отвору  $\varnothing 6,3$  мм.

Обладнання: фрезерно-центрувальний верстат мод. МР71 .

Інструмент – центрувальне свердло із швидкорізальної сталі Р6М5,  $\varnothing 6,3$  мм, ГОСТ 14952-75;

Глибина різання при свердлуванні:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{6,3}{2} = 3,15 \text{ мм,}$$

де  $D$  – діаметр отвору ,мм,  $D = 6,3$  мм.

Подача  $S = 0,20$  мм/об [7] , табл.25.

Швидкість різання :

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v .$$

де  $C_v$  - коефіцієнт;  $q_v$ ,  $m$ ,  $x_v$ ,  $y_v$  - показники степенів,

$$C_v = 7,0 ; q_v = 0,4 ; m = 0,2 ; y_v = 0,7 \quad [7], \text{ табл. 28;}$$

Період стійкості  $T = 25$  хв. [7], табл.30.

Поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v} ,$$

де  $K_{M_v}$  - коефіцієнт якості оброблюваного матеріалу,

$$K_{M_v} = C_m \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} ,$$

де  $C_m = 1,0$ ;  $n_v = 0,9$ . [6] , табл. 9,  $\sigma_s = 610$  МПа, тоді

$$K_{M_v} = 1,0 \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2,$$

$K_{uv}$  - коефіцієнт різальних властивостей інструментального матеріалу ,

$K_{lv} = 1,0$  [7], табл. 15;

$K_{lv}$  - коефіцієнт глибини отвору,  $K_{lv} = 1,0$ ; [7], табл.6.

$$\text{Тоді } K = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$$

Осьова сила різання  $P_o, H$ , при свердлуванні:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p ;$$

де  $C_p$  – коефіцієнт постійний,  $q_p, y_p$  – показники степенів,

$C_p = 68; q_p = 1,0; y_p = 0,7$  [7], табл.32.

Коефіцієнти  $K_p = K_{mp}$ , де

$$K_{mp} = \left( \frac{D_o}{750} \right)^n ,$$

де  $n = 0,3$  [7], табл. 9.

$$K_{mp} = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,3} = 0,93;$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,8} 1,24 = 1291,5 \text{ Н.}$$

Момент різання при свердлуванні:

$$M = 10 C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p ,$$

де  $C_M$  – постійний коефіцієнт;  $q, y$  – показники,  $C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$  [7], табл. 32;

$K_p$  – коефіцієнт поправочний,  $K_p = K_{mp} = 0,93$  ;

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} 1,24 = 3,51 \text{ Н м}$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{3,51 \cdot 1250}{9750} = 0,45 \text{ кВт.}$$

Потужність різання має відповідати умові

$$N \leq 1,2 \cdot N_o \cdot \eta .$$

де  $N_o$  - потужність верстата, кВт;

$\eta$  - коефіцієнт,  $\eta = 0,75$ ;

$10 \cdot 0,75 \cdot 1,2 > 0,702$  - умова забезпечення потужності виконується.

Основний час оброблення поверхні:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n},$$

де  $L_{p.x.}$  - довжина робочого ходу:

$$L_{p.x.} = L_{piz.} + y,$$

де  $L_{piz.}$  - довжина обробки,  $L_{piz.} = 10$  мм,  $y$  - довжина підводу, врізання і перебігу інструменту.  $y = 3$  мм [ 8 ], с.303.

$$T_o = \frac{10+3}{0,2 \cdot 1250} = 0,052 \text{ хв.}$$

## 2.7 Вибір режимів різання за програмою Coro Plus Tool Guide (Sandvik Coromant)

2.7.1 Точіння циліндричної поверхні (чорнове) Матеріал деталі - сталь 45, за класифікацією Sandvik Coromant – низьколегована сталь P2.1.Z.AN.

Різець T-Max R PRGCM 2525M 12, RCNT 12.04 MP-H7 4425

$V=285$  м/хв.  $S=0,72$  мм/об.  $t=1,5$  мм.

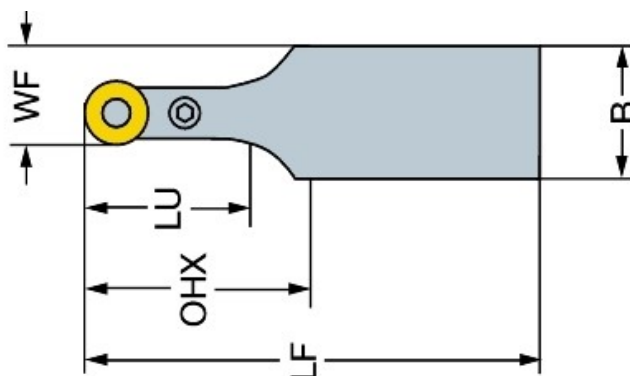


Рис. 6 - Різець T-Max R PRGCM 2525M 12

sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/toolguide.aspx

На украинському р... | М рух | Входящие (335) - w... | М пластина - witalij.k... | Gmail | Карты | Останні новини Ук... | YouTube

ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ | ТОЧЕНИЕ НАРУЖНОЕ ТОЛЬКО ПРОДОЛЬНОЕ / СМЕННАЯ | РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ | РЕЗ

**Материал:** Низколегированная сталь (P)  
 175 HB  
 P2-12-AN

**Токарный станок:** Средний (патрон 6-12")  
 25 kW, 4000 1/min

**Обработываемый диаметр DMS:** 104.5 mm  
**Обработанный диаметр DME:** 101.4 mm  
**Обработываемая длина LM:** 130 mm

**Шероховатость Ra в продольном направлении:**  μm  
 Включить результаты PrimeTurning™:  Вкл

**Инструмент:** T-Max P  
 PRDCN 2525M 12  
 RCMT 12 04 MP-H7 4425

**Пластина:** Rectangular shank - metric: 25 x 25

**Интерфейс со стороны станка ADINTMS:** Rectangular shank - metric: 25 x 25

**Стойкость, дет. TLIFEC:** 98 Поверхности

**Время обработки на элемент:** 00:12.720 мин.с

**Шаги:** 1

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА:**

**Скорость резания VC:** 284 m/min  
**Подача на оборот FN:** 0.716 mm  
**Число проходов в направлении AP NORAP:** 1  
**Глубина резания AP:** 1.55 mm

[Показать подробности](#)

2.7.2 Чистовое точіння зовнішньої циліндричної поверхні.  
 Різець T-Max R PLGCR 2525M 16, RCNT 16.06 MP-M3 4425  
 $V=325$ ,  $S=0,66$ ,  $t=1$

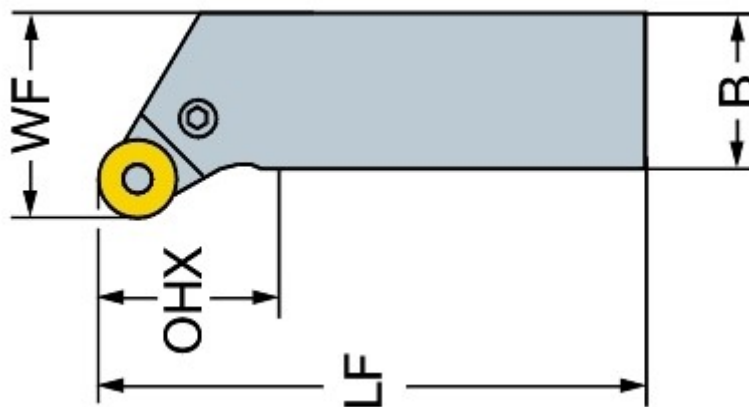
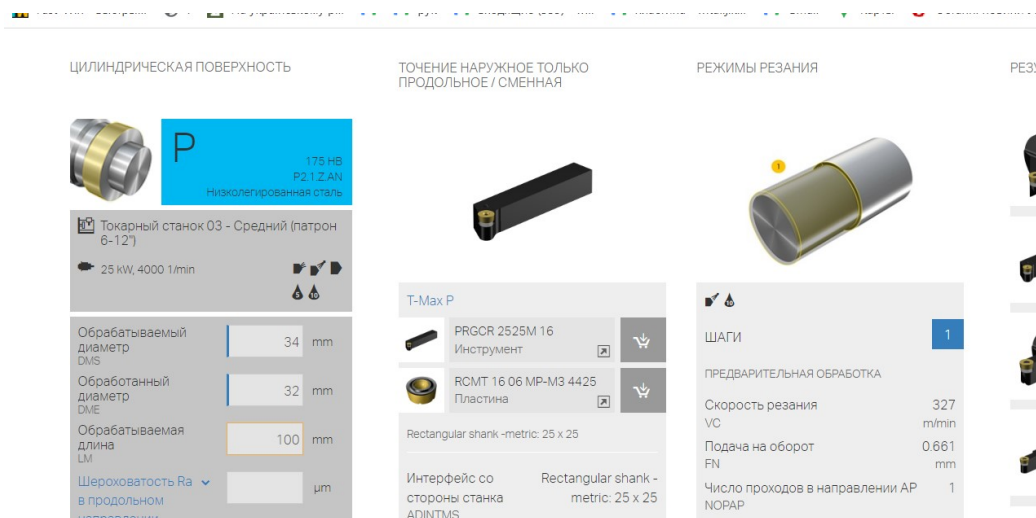


Рис. 7 - T-Max R PLGCR 2525M 16



### 2.7.3 Чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø44.6 мм

Різець Coro Turn Prime CP-25GR 2525-11, CP-B11FB-M5 4425

$V=352$  м/хв,  $S=0,25$  мм/об,  $t=1,5$  мм

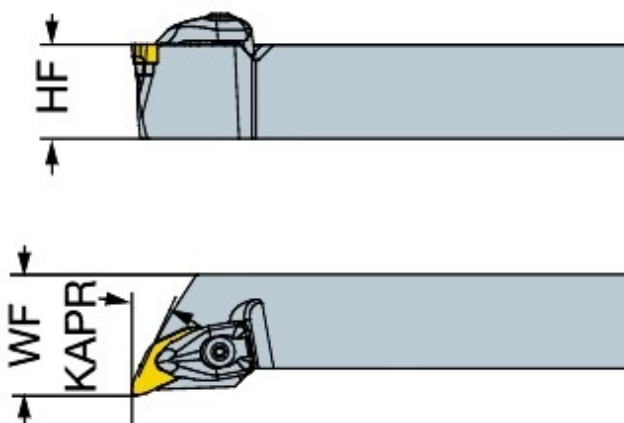


Рис.8 - Coro Turn Prime CP-25GR 2525-11

sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/toolguide.aspx

ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ С УСТУПОМ    TURNING EXTERNAL LONGITUDINAL AND FACING BACKWARD / СМЕННАЯ    РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ    РЕЗУЛЬТАТЫ

175 HB  
P21 ZAN  
Низколегированная сталь

Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")  
25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS: 44.6 mm  
Обработанный диаметр DME: 41.6 mm  
Обрабатываемая длина LM: 72 mm  
Макс радиус при вершине REX: 1 mm

Шероховатость Ra на торцевой поверхности RRA:  μm  
Шероховатость Ra в продольном направлении RRA:  μm

CoroTurn Prime

CP-25BR-2020-11 Инструмент  
CP-B1108-M5 4425 Пластина

Rectangular shank - metric: 20 x 20

Интерфейс со стороны станка ADINTMS: Rectangular shank - metric: 20 x 20  
Стойкость, дет. TLIFEC: 411 Поверхности  
Время обработки на элемент TMF: 00:03.246 мин:с

PrimeTurning™ требует специализированный метод программирования. Узнайте больше

ШАГИ: 1 | 2

ВРЕЗАНИЕ ПО ДУГЕ

Скорость резания VC: 352 m/min  
Подача на оборот FN: 0.25 mm  
Число проходов в направлении AP NORAP: 1  
Глубина резания AP: 1.5 mm

CoroTurn CP-25BR-2 CP-B1108-100% 00x  
CoroTurn CP-25BR-2 CP-B1108-100% 00x  
CoroTurn QS-CP-25E CP-B1108-100% 00x  
CoroTurn QS-CP-25E CP-B1108-100% 00x  
CoroTurn C5-CP-25E CP-B1108-101% 00x  
CoroTurn C4-CP-25E

2.7.4 Чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø41.6 мм  
Різець Coro Turn Prime CP-25BK 2020-11, CP-B1108-M5 4425  
 $V=353$  м/хв,  $S=0,24$  мм/об,  $t=0,55$  мм

CoroPlus ToolGuide

sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/toolguide.aspx

25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS: 41.6 mm  
Обработанный диаметр DME: 40.6 mm  
Обрабатываемая длина LM: 72 mm  
Макс радиус при вершине REX: 1 mm

Шероховатость Ra на торцевой поверхности RRA: 2.5 μm  
Шероховатость Ra в продольном направлении RRA:  μm

Включить результаты PrimeTurning™  ВКЛ

CoroTurn Prime

CP-25BR-2020-11 Инструмент  
CP-B1108-M5 4425 Пластина

Rectangular shank - metric: 20 x 20

Интерфейс со стороны станка ADINTMS: Rectangular shank - metric: 20 x 20  
Стойкость, дет. TLIFEC: 443 Поверхности  
Время обработки на элемент TMF: 00:03.024 мин:с

Создайте инструментальную сборку

PrimeTurning™ требует специализированный метод программирования. Узнайте больше

ШАГИ: 1 | 2

ВРЕЗАНИЕ ПО ДУГЕ

Скорость резания VC: 352 m/min  
Подача на оборот FN: 0.27 mm  
Число проходов в направлении AP NORAP: 1  
Глубина резания AP: 0.5 mm

Показать подробности

Информация

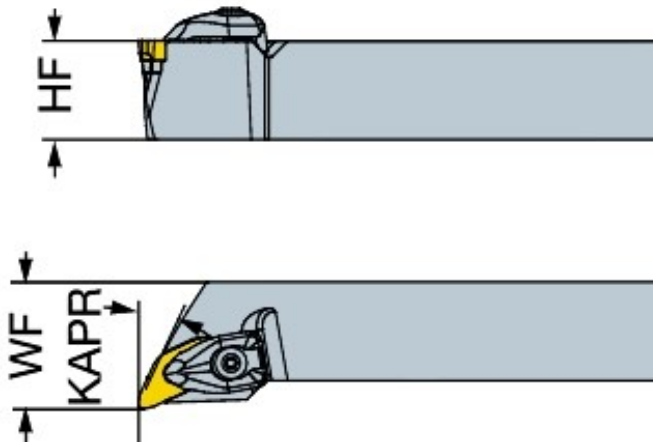
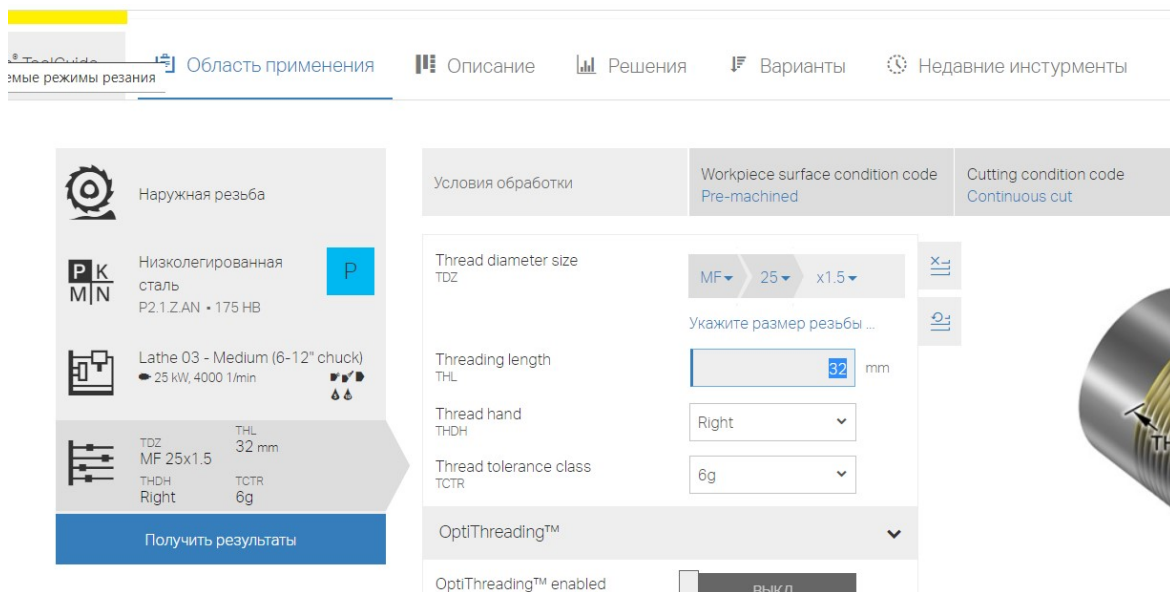


Рис.9 - Різець Coro Turn Prime CP-25BK 2020-11

### 2.7.5 Точіння різьби M32×1,5-6g

Різець Coro Thread 266 266RFB-2020-16,

пластина 266RC-16MN02A150M 1125, проставка 5324391-11



### 2.7.6 Точіння канавки $b = 3$ мм (під вихід шліфувального круга)

Різець Coro Cut RF123H06-2020GM пластина N123T3-0100-RS 1125

$V=242\text{м/хв.}$ ,  $S=0,05\text{мм/об.}$ ,  $n=3660\text{ об,хв.}$

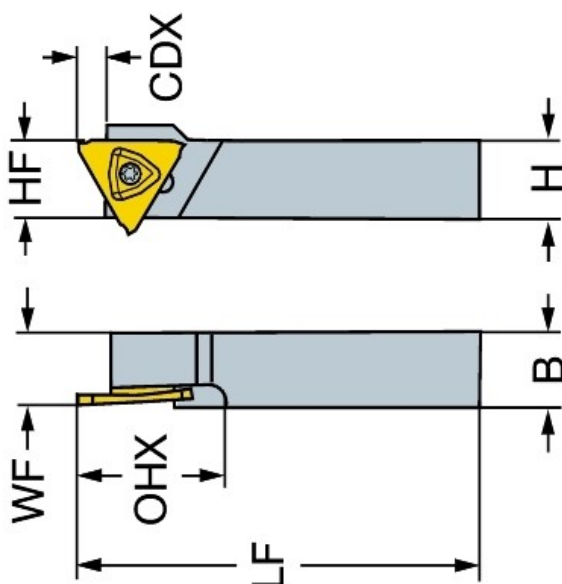



Рис.10- Різець Coro Cut RF123H06-2020GM

us<sup>®</sup> ToolGuide ▾ [Область применения](#) [Описание](#) [Решения](#) [Варианты](#) [Недавние инструменты](#)

НАРУЖНАЯ КАНАВКА, ПОЛНЫЙ РАДИУС      ОБРАБОТКА НАРУЖНЫХ КАНАВОК / СМЕННАЯ      РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ      РЕЗ




**P**

178 HB  
P2.1.Z.AN  
низколегированная сталь

Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")  
25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS: 24 mm  
Обработанный диаметр DME: 21 mm

Еще...




CoroCut 3

RF123T06-2020BM  
Инструмент

N123T3-0100-RS 1125  
Пластина


Rectangular shank -metric: 20 x 20



ШАГИ 1

ОБРАБОТКА КАНАВОК

Скорость резания VC: 242 m/min  
Поддача на оборот EM: 0.05 mm



### 2.7.7 Точіння канавки b= 5 мм

Різець Coro Cut N123G55-25A2 пластина N123G2-0500-0004 TF 4325

$V=240\text{м/хв.}$ ,  $S=0,045\text{мм/об.}$ ,  $n=3650\text{ об,хв.}$

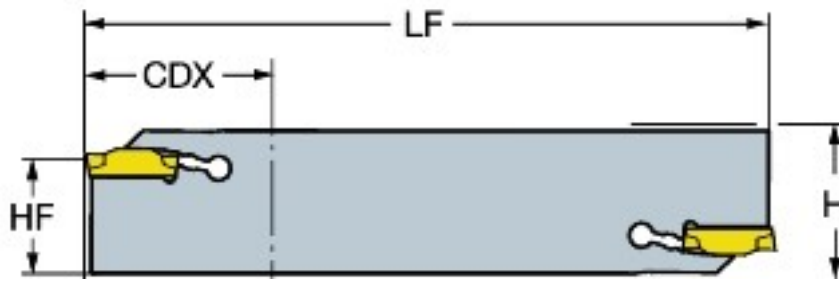


Рис.11 - Різець Coro Cut N123G55-25A2

На всі інші операції режими різання визначаємо табличним методом.

Результати записуємо в табл. 6

Таблиця 2.5 - Режими різання

Назва переходу	t, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	S <sub>хв</sub> , мм/хв	V, м/хв.	n, хв. <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub> , хв
1	2	3	4	5	6	7
<u>005 Фрезерно-центрувальна</u>						
1. Фрезерувати одночасно торці заготовки	2,2	1,8	1620	170	900	0,17
2.Свердлувати центрові отвори з двох сторін	3,15	0,08	64	52	800	0,04
<u>010 Токарна з ЧПК</u>						
1.Точити циліндричну поверхні по контуру начорно	1,5	0,726	1680	327	2300	0,125
2.Точити циліндричну поверхню по контуру начисто, витримуючи розміри 1,2,3,4,5,6	0,5	0,25	622	352	2491	0,338
4.Точити канавку	5	0,05	85,6	242	1712	0,035
5.Точити канавку	5	0,05	70,0	242	1401	0,042
<u>015 Токарна з ЧПК</u>						
1.Точити циліндричну поверхню по контуру начорно	1,5	0,726	656	284	904	0,152
2.Точити циліндричну поверхню по контуру начисто, витримуючи розміри	1,0	0,726	656	284	904	0,152
3.Точити циліндричну поверхні по контуру начорно						

Закінчення табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
4.Точити канавку	5	0,05	85,6	242	1712	0,035
5.Точити канавку	5	0,05	85,6	242	1712	0,035
6.Точити різьбу	5	0,05	70,0	242	1401	0,042
020 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
1.Фрезерувати шпонковий паз	14	0,3	510	68	1700	0,6
025 Токарно-гвинторізна						
1.Нарізати витки червяка начорно	2	0,6	30	79,05	500	1,08
2.Нарізати витки червяка начисто	5	0,2	12,6	122,5	630	1,23
030 Круглошліфувальна						
1.Шліфувати поверхні 1,2,3 начорно	0,5		1,003		200	4,7
2.Шліфувати поверхні 1, 2,3 начисто	0,2		0,3		250	8,7
035 Шліфувальна						
1.Шліфувати витки начорно під ТО	0,5		0,484	40	150	7,5
040 Шліфувальна						
1.Шліфувати витки начисто	0,2		0,15	40	150	10,1

## 2.8 Розрахунок технічної норми часу

Визначення технологічної норми часу на операцію 010 – токарна з ЧПК і результати заносимо в табл.7.

В серійному виробництві норма штучного часу визначається:

$$T_{шт.к.} = \left( \frac{T_{нз}}{n} \right) + T_{шт.},$$

$$t_{шт} = t_o + t_\delta + t_{обс} + t_{відн},$$

де  $t_{шт}$  – штучний час, хв.;  $n$  – к-ть деталей в партії;  $t_o$  – основний час,  $t_o=1,085$  хв.;  $t_\delta$  – допоміжний час, хв.;

$t_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця, хв.;  $t_{відн}$  – час на відпочинок і особисті потреби, хв.

$T_{нз}$  - підготовчо-заключний час.

Допоміжний час  $t_\delta = t_{yc} + t_{з.р} + t_{кер} + t_{вим}$ ,

де  $t_{yc}$  – час на встановлення і зняття деталі, хв.;  $t_{з.р}$  – час на закріплення і розкріплення деталі, хв.;  $t_{кер}$  – час на прийоми управління;  $t_{вим}$  – час на вимірювання деталі, хв.

$$t_{yc} + t_{з.р} = 0,15 \text{ хв. [2], с.197, таблиця 5.1;}$$

$$t_{кер} = 0,01 + 5 \cdot 0,015 + 0,016 + 0,01 + 0,025 = 0,136 \text{ хв. [2, с.202, таблиця 5.8];}$$

$$t_{вим} = 5 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,12 = 1,23 \text{ хв. [2, с.209, таблиця 5.16].}$$

$$t_\delta = 0,15 + 0,136 + 1,23 = 1,516 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок

$$T_{об} + T_{відн} = P_{об.від.} \left( \frac{T_o + T_\delta}{100} \right)$$

де  $P_{об.від.}$  – норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, у відсотках,  $P_{об.від.} = 7\%$ .

$$T_{об} + T_{відн} = 7 \left( \frac{1,085 + 1,516}{100} \right) = 0,183 \text{ хв.}$$

$$T_{пз} = 8 + 2 = 10 \text{ хв.}$$

$$n = (N * a) / 254$$

a – періодичність випуску деталей, a=12 днів

$$n = (3000 * 12) / 254 = 141,7 \text{ шт., приймаємо } 142 \text{ шт.}$$

$$t_{ум} = 1,085 + 1,516 + 0,183 = 2,784 \text{ хв.}$$

$$T_{ум.к.} = \left( \frac{10}{897} \right) + 2,784 = 2,795 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.6. Норми часу на операції

	То	Тв			Тв	Тоб+Твід, %	Тшт	Тп.з	Тшт.к
		Твст+Тз	Ткер	Твим					
005	0,38	0,15	0,021	0,26	0,436	0,057	0,873	12	0,886
010	1,08	0,15	0,136	1,23	1,516	0,183	2,784	10	2,795
015	1,89	0,15	0,136	1,23	1,516	0,239	3,653	11	3,666
020	2,31	0,15	0,08	0,39	0,62	0,2051	3,1351	12	3,149
025	0,6	0,12	0,075	0,13	0,325	0,063	0,988	14	1,004
035	37,32	0,15	0,075	0,08	0,305	2,634	40,259	14	40,27
040	7,5	0,15	0,075	0,05	0,275	0,544	8,319	15	8,336
045	10,1	0,15	0,075	0,05	0,275	0,726	11,101	15	11,11

### 2.9. Оформлення технологічної документації

На спроектований технологічний процес оброблення деталі «Вал черв'ячний» оформляємо маршрутні карти, карти ескізів та операційні карти. Технологічна документація приводиться у додаткові Б.

### 3.Конструкторська частина

#### 3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування шпонкового паза

##### 2.1.1 Вибір схеми базування

Для виконання операції фрезерування шпонкового паза заготовка встановлюється на оброблені зовнішні циліндричні поверхні, що являються подвійними напрямними базами. Поверхні позбавляють заготовку чотирьох ступенів свободи.

Лівим торцем заготовка впирається в упор в пристроєві, торець є опорною базою й позбавляє заготовку одного ступеня свободи вздовж осі деталі (Рис. 4).

Таким чином заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи. Положення паза відносно осі деталі не задається у технічних вимогах.

Схема базування при обробці паза приведена на рис. 3.1.

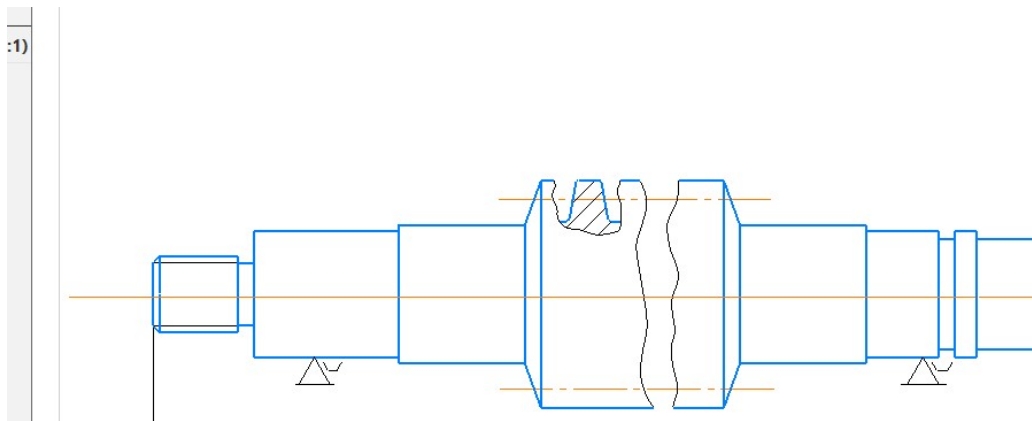


Рис. 3.1 – Схема базування деталі при обробці паза

### 3.1.2 Вибір установочних елементів.

Установочними елементами верстатного пристрою для фрезерування є дві призми з кутом  $90^\circ$  та упор з плоскою поверхнею.

### 3.1.3 Розрахунок пристрою на точність

Для вибраної схеми базування деталі буде похибка розміщення шпонкового пазу на валу в 2-х напрямках:

- 1) похибка обробки паза на глибину  $H=7^{+0.2}$ ;
- 2) похибка положення паза уздовж осі деталі  $L=80h14 (-0.62)$ .

Похибка паза на глибину буде визначатись базуванням деталі в призмі, коли розмір пазу вимірюється від верхньої циліндричної поверхні і визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{T_d}{2} \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right) = \frac{0,019}{2} \left( \frac{1}{\sin 45^\circ} + 1 \right) = 0,0229 \text{ мм}$$

де  $\alpha = 45^\circ$ ,  $T_D = 0.019$  мм – допуск базового діаметра ( $\text{Ø}55\text{к}6$ ).

Допуск на глибину паза дорівнює 0.2 мм, що значно більше похибки базування, таким чином точність забезпечується.

Друга похибка буде дорівнювати нулю, так як при вибраній схемі базування співпадають вимірювальна та технологічна бази.

### 3.1.4 Розроблення схеми закріплення заготовки

Схема закріплення заготовки представлена на рис. 3.2. Сила затиску за допомогою притиску прикладається до зовнішньої циліндричної поверхні  $\text{Ø}100\text{мм}$ .

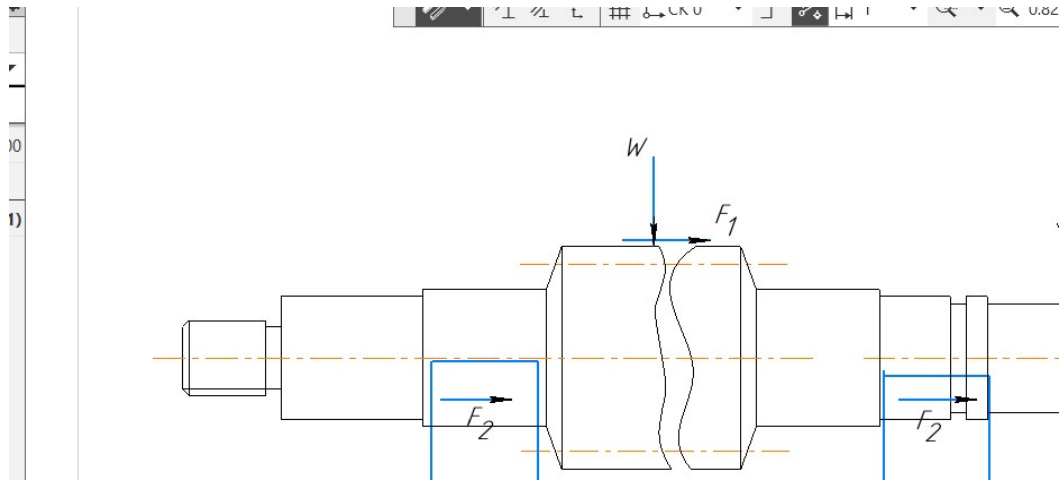


Рис. 3.2 - Схема затиску заготовки

### 3.1.5. Розрахунок сили затиску заготовки

При фрезеруванні шпонкового пазу на заготовку впливають: головна сила різання  $P_z$ ; зусилля затиску  $W$ , яке утворює сили тертя  $F_{T1}$  між поверхнею притиску та циліндричною поверхнею заготовки та між поверхнями шийок та поверхнями призми  $F_{T2}$ .

Сила тертя на притискові  $F_{T1} = f_1 \cdot W$ , сила тертя на боковій поверхні призми  $F_{T2} = f_2 \cdot W \sin \alpha / 2$ ;

$f_1$  – коефіцієнт тертя між поверхнею притиску та циліндричною поверхнею заготовки,  $f_1 = 0,1$ ;

$f_2$  – коефіцієнт тертя на боковій поверхні призми;  $\alpha$  - кут призми,  $\alpha = 90^\circ$ .

Рівняння рівноваги заготовки має вигляд:

$$F_{T1} + 4F_{T2} \geq k \cdot P_z \text{ або } f_1 \cdot W + 4f_2 \cdot W \sin \alpha / 2 = k \cdot P_z$$

$k$  – коефіцієнт запасу, [11], с.266,  $k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$ ,

де:  $k_0 = 1.5$  – коефіцієнт запасу гарантований;  $k_1$  – коефіцієнт, що залежить від якості поверхні заготовки, при поверхні обробленій коефіцієнт  $k_1 = 1.0$ ;  $k_2$  – коефіцієнт, на який впливає затуплення різального інструменту. При обробленні паза кінцевою фрезою  $k_2 = 1.2$ .

$k_3$  – коефіцієнт, що залежить від виду різання. При різанні не переривчастому  $k_3 = 1.0$ .

$k_4$  – коефіцієнт, що залежить від непостійності сили затискування. При приводі від гідроциліндра  $k_4 = 1.0$ ;

$k_5$  – коефіцієнт, що залежить місця від розташування рукоятки затиску,  $k_5 = 1.0$ ;

$k_6$  – коефіцієнт, який урахується тільки при встановленні заготовки на плоску поверхню. В нас заготовка встановлюється циліндричною поверхнею, тому  $k_6 = 1.0$ .

Таким чином  $k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8$

Сила різання  $P_z = 1605 \text{ Н}$  [9с. 102.

Знаходимо зусилля затиску  $W$ :

$$W = \frac{kP_z}{f_1 + 4 \cdot f_2 \cdot \sin \alpha / 2} = \frac{1,8 \cdot 1605}{0,1 + 4 \cdot 0,1 \cdot \sin 45^\circ} = 7562,8 \text{ Н} .$$

### 3.1.6. Вибір затискного механізму та розрахунок параметрів приводу

Схема механізму затиску приведена на рис. 3.3. Зусилля  $W$

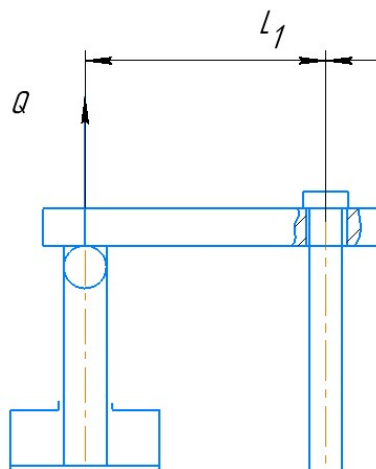


Рис. 3.3 – Схема затискного механізму

створюється за допомогою важільного механізму із плечами  $l_1$  та  $l_2$  від гідроциліндра.

Зусилля на штокові  $Q$  розраховується за формулою:

$$Q = W \cdot \frac{l_2}{l_1},$$

де  $l_1, l_2$  – плечі важеля, приймаємо  $l_1 = 2000$  мм,  $l_2 = 80$  мм;

$$Q_1 = \frac{7562,8 \cdot 80}{200} = 3025,12 \text{ Н.}$$

При подачі гідравлічної рідини у безштокову порожнину зусилля визначається

$$Q = \frac{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2}{4} \cdot p,$$

де  $D_{\text{ц}}$  - діаметр циліндра, м;  $p$  – тиск в гідросистемі,  $p = 4$  МПа;

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4Q \cdot p}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3025,12}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^6}} = 0,031 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D_{\text{ц}} = 50$  мм.

### 3.1.7. Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій складається із корпусу – стандартної плити УЗП. На верхній площині плити закріплено дві призми, упор, стійка з притиском та стандартний гідропривід.

При подачі рідини у безштокову порожнину гідроциліндра шток переміщується ввєрх і притиск закріплює деталь.

При подачі рідини у штокову порожнину відбувається розтиск деталі.

## 3.2 Проектування скоби для контролю діаметра $d55k6$

### 3.2.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Потрібно виконати контроль діаметра  $d = 55k6$ . Знаходимо розміри калібр-скоби для вала діаметром  $d = 55$  мм з полем допуску  $k6$ .

По ГОСТ 25347-82 визначаємо крайні відхилення вала:  $\min = +2$  мкм,  $\max = +21$  мкм

Відповідно  $d_{\max} = 55,021$  мм,  $d_{\min} = 55,002$  мм

По ГОСТ 24853-81 встановлюємо допуски і дані для розрахунку розмірів калібрів та контр-калібрів :  $H_1 = 5$  мкм ,  $z_1 = 4$  мкм,  $y_1 = 3$  мкм,  $H_p = 2$  мкм.

### 3.2.2 Розрахунок калібр-скоби

Розмір найменший прохідної нової скоби:

$$PP_{\min} = d_{\max} - z_1 - \frac{H_1}{2} = 55,021 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 55,0145 \text{ мм.}$$

Розмір скоби прохід (ПР), що ставиться на кресленні, при допускові на виготовлення  $H_1 = 5$  мкм рівняється  $55,0145^{+0,005}$  мм.

Виконавчі розміри: найменший 55,0145 мм, найбільший 55,0195 мм.

Розмір найбільший скоби зношеної при допускові на зношування  $y_1 = 3$  мкм рівняється:

$$PP_{\max} = d_{\max} + y_1 = 55,021 + 0,003 = 55,024 \text{ мм.}$$

Розмір найменший непрохідної скоби

$$HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 55,002 - \frac{0,005}{2} = 54,9995 \text{ мм.}$$

Розмір скоби не прохід (НЕ), що ставиться на кресленні -  $54,9995^{+0,005}$  мм.

Розміри виконавчі: найменший 54,9995 мм, найбільший 55,0045 мм.

Знаходимо величини розмірів контрольних калібрів до скоб:

а) контроль прохідної сторони скоби

$$(K - PP)_{\max} = d_{\max} - z_1 + \frac{H_p}{2} = 55,021 - 0,004 + \frac{0,002}{2} = 55,018 \text{ мм.}$$

Розмір калібру  $K - PP$ , який вказується на кресленні, складає 55,018<sub>-0,002</sub> мм.

б) для контролю непрохідної сторони скоби

$$(K - HE)_{\max} = d_{\min} + \frac{H_p}{2} = 55,002 + \frac{0,002}{2} = 55,003 \text{ мм.}$$

Розмір калібру  $K - HE$ , який вказується на кресленні, складає 55,003<sub>-0,002</sub> мм

в) контроль спрацювання сторони прохідної скоби:

$$(K - II)_{\max} = d_{\max} + y_1 + \frac{H_p}{2} = 55,021 + 0,003 + \frac{0,002}{2} = 55,025 \text{ мм.}$$

Розмір калібру  $K - II$ , який вказується на кресленні, складає 55,0025<sub>-0,002</sub> мм.

Маркування калібру. На калібрі вказують: розмір деталі номінальний, , буквенні позначення квалітету деталі, граничні відхилення розміру деталі в мм, тип калібру (PP, HE, K-II), товарний знак виробника.

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1 Електрична безпека на дільниці

Електрична безпека на дільниці забезпечується при виконанні цілого ряду угод, тут мають бути враховані всі вимоги правової та нормативної документації, а саме ГОСТи, інструкції по безпеці роботи та правила.

Згідно ГОСТ 12.1.038-82 при роботі та проектуванні засобів захисту необхідно враховувати такі головні параметри: силу струму ( $I_h$ ), що тече через тіло людини, напругу дотику ( $U_{np}$ ) і тривалість протікання струму ( $t_c$ ).

Засоби електричного захисту діляться на основні і додаткові.

Основними являються отакі засоби захисту, ізоляція всіх частин яких повністю тримає робочу напругу установки електричної. При застосуванні таких засобів може бути дотик до частин, що проводять струм і перебувають під напругою.

До основних електрозахисних засобів при експлуатації із електричних установок із напругою до 1000 В відносять кліщі ізолюючі, і рукавиці діелектричні, інструмент монтажний, що має ізолюючі рукоятки [14].

Додатковими являються такі ізолюючі засоби, які самі не можуть забезпечити враження від струму та являються додатковими до основних.

До додаткових засобів відносяться:

1. В електричних установках напругою до 1000В – коврики, підставки, діелектричні калоші.
2. В електричних установках напругою більше 1000В – діелектричні рукавиці та калоші, боти та підставки.

При високих напругах також необхідно застосовувати захист при допомозі використання відстані безпечної. При цьому необхідно враховувати, що для виключення ураження людей електричним струмом потрібно дотримуватись нормативів безпечних відстаней.

При напрузі до 1000 В відстань безпечна становить 0,6 м, для других електричних установок вона не нормується і визначається відсутністю дотику.

Також слід враховувати небезпеку враження при потраплянні в зону крокової напруги; крокова напруга являється небезпечною на віддалі до 20 м від точки дотику провідника струму до землі. При попаданні в зону крокової напруги виходити з неї необхідно без відривання ніг від поверхні (ковзаючим кроком).

Під час експлуатації електричних установок стан електричної ізоляції стає гіршим за рахунок механічних пошкоджень і нагрівання, а також під впливом кліматичних умов та виробничого оточення (присутність хімічно активних речовин, від'ємних температурних режимів та ін.). Контроль ізоляції відбувається періодично (не менше ніж один раз в три роки) із використанням спеціальних приладів (мегомметрів). Опір ізоляції має бути не меншим числа, яке вказує напругу у електричній мережі, збільшеним в 1000 разів, але не меншим 0,5 МОм.

Збільшувати опір можна за рахунок додаткової ізоляції струмопровідних частин та додаткової ізоляції рукояток інструментів.

Потрібно користуватися електричним інструментом, що працює при незагрозливій напрузі струму, незагрозливим є струм, при якому є можливим самостійне від'єднання людини від електродів (для струму частоти промислової - 0,01А, для струму постійного – 0,05А). Максимально дозволеною нешкідливою величиною рахується струм силою 0,04А, межа дозволеної напруги при цьому складає 40 В.

При роботі із напругою до 1000В потрібно користуватися резиновими ковриками, резиновими ботами та калошами, резиновими рукавицями; при роботі із напругою, що перевищує 1000В користуються спеціальними ізолюючими штангами та кліщами.

Також слід використовувати захисне відключення, що має спрацьовувати на протязі часу не більше 0,2 с при пошкодженні; використовувати захисні огорожі у вигляді сітки або суцільні; користуватися автоматичним блокуванням, що забезпечує відключення напруги при недозволеному проникненні за огорожу.

Користуватися сигналізацією (світловою, звуковою та ін.); застосовувати перевірку знань електробезпеки, організаційні засоби, інструктажі.

Також користуватися технічними засобами захисту від електричного струму:

а) захисне заземлення - корпус верстата (установки) заземляється провідником, що має опір не менше 0,4 Ом. При дотикові до пошкодженого корпусу людина не дістане удар електричним струмом, тому що опір людини є набагато більшим, ніж у заземлюючого провідника;

б) занулення із заземленням нульового дроту генератора. У цьому випадку корпус верстата з'єднується із заземленим нульовим проводом, що має опір менший за 4 Ом. При замиканні фази на корпус відбудеться розрив електричної лінії, так як перегорять запобіжники [14].

#### 4.2 Розрахунок захисного заземлення.

Захисне заземлення служить для ліквідації загрози враження людей електричним струмом при появленні напруги на частинах конструкції електричного обладнання, при замиканні на корпус.

Принцип дії захисного заземлення полягає у зниженні до безпечних величин напруг дотику та кроку, що обумовлені замиканням на корпус.

Робітник-верстатник при початкові роботи повинен впевнитись у тому, що електрична частина верстата є справною, безпечною при експлуатації, огорожена і тільки після цього починати роботу.

Для попередження ураження електричним струмом робітників, всі верстати та їх електроприводи заземляються.

Розраховуємо пристрій для штучного заземлення промислового обладнання.

Заземлювальний пристрій, що служить для захисного заземлення устаткування, що живиться від електричної мережі напругою 380 В, зроблено у виді вертикальних електродів довжиною  $l$ , заглиблених у землю і сполучених між собою сталевим горизонтальним смуговим електродом шириною  $B$ . У якості вертикальних електродів використані сталеві труби діаметром  $d$ .

Відстань від поверхні землі до верхнього краю вертикального електрода -  $t_0$ , відношення відстані  $L$  між вертикальними електродами до їхньої довжини  $l$  дорівнює  $K$ .

Необхідно знайти число вертикальних електродів, що необхідні для реалізації заземлювального пристрою.

Вихідні дані:

питомий електричний опір ґрунту ( $\rho = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  [14], табл.3.2, с. 72;  $l = 3,0 \text{ м}$ ;  $d = 0,050 \text{ м}$ ;

$t_0 = 0,5 \text{ м}$ ;  $K = 2$ ;  $B = 0,06 \text{ м}$ ; схема розміщення вертикальних електродів - в ряд.

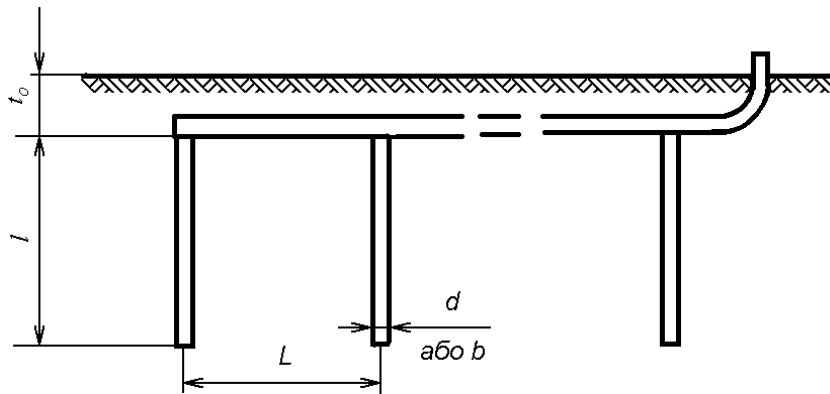


Рис. 4.1 - Схема заземлювального пристрою

Розв'язання:

1). Знаходимо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача

$$t = t_0 + l/2,$$

$$t = 0,5 + 3,0/2 = 2,0 \text{ м.}$$

2). Установлюємо дозволене значення опору розтікання струму заземлювального пристрою  $R_{\text{дон}} = 4 \text{ Ом}$ .

3). Визначаємо опір розтікання струму одиночного вертикального заземлення для сталеві труби діаметром  $d$ ,  $d = 0,95b$ :

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

де  $\rho$  - питомий електричний опір для піску  $\rho = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,

$$R_B = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,0} \left( \ln \frac{2 \cdot 3,0}{0,050} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,0 + 3,0}{4 \cdot 2,0 - 3,0} \right) = 41,25 \text{ Ом.}$$

4). Рахуємо у першому наближенні потрібне число вертикальних електродів:

$$n_B = \frac{R_B}{R_{\text{дон}}}, \quad n_B = \frac{41,25}{4} = 10,31,$$

приймаємо в першому наближенні 11 електродів.

5). Приймаємо коефіцієнт використання вертикального електрода з таблиці коефіцієнтів використання вертикальних електродів (табл.3.3, с.83, [14]):  $k_B = 0,74$ .

6). Визначаємо число вертикальних електродів із врахуванням коефіцієнту використання:

$$n_B = \frac{R_B}{R_{\text{дон}} \cdot \eta_B},$$

$$n_B = \frac{41,25}{4 \cdot 0,74} = 13,93 \approx 14 \text{ шт.}$$

7). Рахуємо відстань між електродами із співвідношення  $K = \frac{L}{l}$ ,

$$L = K \cdot l = 2 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ м}$$

8). Визначаємо довжину горизонтального смугового електрода:

$$L_{III} = 1,05 \cdot K \cdot l \cdot n,$$

$$L_{III} = 1,05 \cdot 2 \cdot 3,0 \cdot 14 = 88,2 \text{ м.}$$

9). Визначаємо опір розтікання струму горизонтального смугового електрода як одиночного горизонтального заземлювача (для полоси шириною  $B$   $d = 0,5B$ ):

$$R_{III} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t},$$

$$t = t_0 + d/2 = 0,5 + 0,5 \cdot 0,06/2 = 0,515 \text{ м,}$$

$$R_{III} = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 88,2} \cdot \ln \frac{88,2^2}{0,5 \cdot 0,06 \cdot 0,515} = 3,56 \text{ Ом.}$$

10). Знаходимо коефіцієнт використання горизонтального смугового електрода  $k_{III} = 0,75$ .

11). Знаходимо опір розтікання струму для всього заземлювального пристрою:

$$R = \frac{R_B \cdot R_{III}}{R_B \cdot \eta_{III} + R_{III} \cdot n \cdot \eta_B},$$

$$R = \frac{41,25 \cdot 3,51}{41,25 \cdot 0,75 + 3,51 \cdot 14 \cdot 0,74} = 2,15 \text{ Ом.}$$

12). Виконуємо перевірку умови  $3,2 \leq R \leq 4 \text{ Ом}$ , отримуємо  $3,2 \geq 2,15 \text{ Ом}$ , тому оскільки опір розтікання струму є меншим допустимого опору, тому необхідно зменшити кількість вертикальних електродів. Число електродів зменшуємо на 50%:

$$n_B = 14 - 0,5 \cdot 14 = 7 \text{ шт.}$$

Виконуємо перерахунок.

Знаходимо коефіцієнт використання вертикального електрода із таблиці коефіцієнтів використання вертикальних електродів (табл.3.3, с.83, [14],  $\eta_B = 0,77$ ).

Визначаємо число вертикальних електродів з урахуванням коефіцієнту використання:  $\eta_B = \frac{7}{0,77} = 9,09 \approx 9 \text{ шт.}$

Визначаємо відстань між електродами  $L = K \cdot l = 2 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ м}$

Розраховуємо довжину горизонтального смугового електрода:

$$L_{III} = 1,05 \cdot 2 \cdot 3,0 \cdot 9 = 56,7 \text{ м.}$$

Розраховуємо опір розтікання струму горизонтального смугового електрода як одиночного горизонтального заземлювача:

$$R_{III} = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 56,7} \cdot \ln \frac{56,7^2}{0,5 \cdot 0,06 \cdot 0,615} = 5,08 \text{ Ом.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтального смугового електрода:  $k_u = 0,84$ .

Розраховуємо опір розтікання струму всього заземлювального пристрою:

$$R = \frac{41,1 \cdot 5,08}{41,1 \cdot 0,84 + 5,08 \cdot 7 \cdot 0,74} = 3,43 \text{ Ом.}$$

Висновок: Так як при кількості електродів 7 шт. опір входить в допустимі межі ( $3,2 \leq 3,43 \leq 4 \text{ Ом}$ ), тому заземлення убезпечено у нормі

## **Висновки**

У виконаному проекті було проаналізовано технологічність конструкції деталі, внесені зміни до процесу обробки на основі застосування високопродуктивних верстатів з ЧПК фірми Haas.

Зроблено визначення припусків на механічну обробку розрахунковим і табличними методами.

Призначені режими обробки на технологічні переходи обробки поверхонь вала черв'ячного за методикою фірми Sandvik Coromant, розраховані технічні норми часу; спроектовані технологічні операції та оформлено технологічну документацію.

Спроектовані верстатний пристрій для оброблення шпонкового пазу, виконані перевірочні розрахунки точності оброблення, вибрані установочні елементи, розраховано силовий привід пристрою.

Сконструйовано контрольно-вимірювальний пристрій для контролю поверхні деталі - калібр-скобу.

В розділі «Охорона праці» передбачено заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці, розглянуто засоби захисту працюючих за характером їх застосування, захисні пристрої, методи профілактики втоми працюючих.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1.Технология машиностроения /А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М.Колесов и др.. М.:Машиностроение, 1966. – 480 с.
- 2.Справочник металлиста. Т.2/Под ред.. А.Г.Рахштедта и В.А.Бромстрема. - М.:Машиностроение, 1976. – 720 с.
- 3.Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1983. – 256 с.
- 4.ГОСТ Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Издательство стандартов, 1990 - 46 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Маниностроение, 1975. – 496 с.
7. Режимы резания металлов. Справочник/Под. ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
8. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении, - М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
- 9.Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1979. – 464 с.
- 10.Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
- 11.Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
- 12.Нефедов А.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
13. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки до виконання інженерних розрахунків з охорони праці у дипломних

проектах/О.В.Снозик, В.А.Кирилков, А.П. Білик.-,Хмельницький: ХНУ,  
2009. – 40 с.

14. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М.  
Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с., рис. 80, табл. 20