

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

«\_\_\_\_\_» червня 2021 р.

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ВАЛА ВЕДУЧОГО Н17.324.304.01**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

*Євгеній ЧУГАЙ*

Керівник

*Анна НЕШТА*

Нормоконтроль

*Юлія ДЕНИСЕНКО*

## РЕФЕРАТ

Записка: 80с., 11 табл., 14 рис., 10 джерел

Об'єкт розробки: деталь «Вал ведучий» Н17.324.304.01

Мета роботи: проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ведучий» Н17.324.304.01.

В даному дипломному проекті за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр» був виконаний аналіз службового призначення виробу, яким є корпус та деталі «Вал ведучий» Н17.324.304.01.

Визначені тип виробництва та форма його організації, а також виконано аналіз технологічності конструкції деталі. Обрано раціональний метод отримання заготовки – поковка на молотах, як найбільш раціональний. Проаналізовані технологічні операції токарна з ЧПК та комплексна на оброблювальному центрі з ЧПК, обґрунтовані схеми базування, вибір металорізального обладнання та технологічної оснастки на даних операціях. Також виконаний розрахунок припусків на точний діаметральний розмір. Виконані розрахунки режимів різання для аналізованих операцій та їх технічне нормування.

Також спроектований верстатний пристрій для установлення і закріплення заготовки на комплексну на оброблювальному центрі з ЧПК, та виконана карта операційного налагодження на вищевказану операцію.

Також виконано розділ охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, що стосується пожежної охорони промислових підприємств.

**ВАЛ ВЕДУЧИЙ, ОПЕРАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,  
ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ**

## Зміст

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	11
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки .....	23
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	29
6.1 Розрахунки припусків на механічну обробку поверхонь .....	29
6.2 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	31
6.3 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів.....	35
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	37
6.5 Розрахунок режимів різання.....	39
6.6 Технічне нормування операцій.....	47
7 Проектування верстатного пристрою.....	49
Висновки.....	63
Список використаної літератури.....	64
Додаток А. Заводське креслення деталі .....	65
Додаток Б. Розрахунок припусків .....	66
Додаток В. Специфікація на верстатний пристрій.....	67
Додаток Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	69

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення вала ведучого	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Чугай</i>						<i>3</i>	<i>78</i>
<i>Пров.</i>	<i>Нешта</i>					<i>СумДУ, ТМ-71</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Денисенко</i>							
<i>Утв.</i>	<i>Іванов</i>							



## **1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації**

Деталь «Вал ведучий», що запропонована для розгляду на виробничій практиці є однією з найважливіших деталей компресора 620ГЦ2-180/75-100М, що входить до складу газоперекачувального агрегата ГПА-Ц-20С.

Агрегат газоперекачувальний ГПА-Ц-16С складається з окремих блоків і складальних одиниць.

Базовою одиницею агрегату є турбоблок, в якому розташовано основне обладнання ГПА (компресор з приводним газотурбінним двигуном суднового типу), а також окремі вузли допоміжних систем забезпечення. До передньої торцевої стінки турбоблоку пристиковується блок систем забезпечення (БСЗ), в якому для зручності роботи агрегату і виконання вимог техніки безпеки розміщені маслоагрегати системи маслозабезпечення та обладнання системи пожежогасіння. До блоку систем забезпечення пристиковується камера всмоктування. Камера всмоктування разом з шумоглушником першого і другого ступеня, а також пристроєм очистки повітря утворюють вертикальну всмоктувальну шахту, а остання з вхідним конфузоров (лемніската) і зрівняльним патрубком, розташованим в БСЗ, складають всмоктуючий тракт двигуна.

З'єднання блоку систем забезпечення з турбоблоком і камерою всмоктування здійснюється за допомогою перехідників дозволяють компенсувати неточності установки блоків при монтажі агрегату.

Робота агрегату.

Перекачуваний газ по газопроводу через всмоктуючий патрубок надходить у компресор, де відбувається його стиск і подача через нагнітальний патрубок в напірний колектор компресорної станції і далі в магістральний газопровід.

В якості приводу використовується газотурбінний судновий двигун ДГ120Л2, що працює на газі, що перекачується.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		5

Очищений в повітроочисних пристроях атмосферне повітря надходить у компресор двигуна, де стискається і надходить в камеру згорання. Одночасно через робочі форсунки в камеру згорання потрапляє паливний газ. Продукти згорання потрапляючи на лопатки виробляють обертання турбіни двигуна. Вільна турбіна з'єднана механічним зв'язком (через муфту) з основним робочим органом відцентровим компресором.

Потужність, що передається від вільної турбіни приводу на відцентровий компресор витрачається на компримування перекачуваного газу. Вихлопні гази плавно повертаються на дев'яносто градусів і через вихлопний тракт викидаються в атмосферу.

Область застосування компресора:

- магістральні газопроводи;
- на дожимних компресорних станціях;
- для закачування газу в підземні сховища газу.

Технічна характеристика компресора надана в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Технічна характеристика компресора 620ГЦ2-180/75-100М.

Найменування показників	Величина параметрів
Продуктивність віднесена до температури 288К (+15С) та тиску 0.101МПа (1.033ата) м <sup>3</sup> /с (млн м <sup>3</sup> /добу)	620 (27.00)
Продуктивність віднесена до температури 293К (+20С) та тиску 0.101МПа (1.033ата) м <sup>3</sup> /с (млн м <sup>3</sup> /добу)	600 (26.54)
Продуктивність по умовам всмоктування м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /хв)	12.05 (530.87)
Тиск початковий абсолютний МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) номінальний	4.069 (41.50)
Тиск робочий абсолютний МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) номінальний	5.493(56.00)
Відношення тиску розрахункове	1.35-0.015
Частота обертання ротора компресора с <sup>-1</sup> (об/хв)	92.30 (5400)
Коефіцієнт стиснення по умовам входу у компресор	0.920

Вал ведучий — стрижень круглого перетину, що з'єднує поршень з повзуном (крейцкопфом) у поршневих машинах (насосах, компресорах, парових двигунах, деяких двигунах внутрішнього згорання і т. д.) або в гідро-пневмоциліндрах механізмів приводу поступальних переміщень. Крім передачі руху і зусилля вал ведучий додатково виконує роль напрямного елемента для поршня при його русі у циліндрі. У зв'язку з цим, у поршневих машинах односторонньої дії вал ведучий додатково спрягається з повзуном або з напрямною втулкою отвору кришки вал ведучийової камери, а у поршневих машинах двосторонньої дії з напрямною втулкою кришки вал ведучийової камери. В останньому випадку для забезпечення герметичності вал ведучийової камери додатково встановлюються зашільнювач (кільця або манжети) а також засоби очищення поверхні вал ведучийа від бруду.

На рисунку 1.1 зображена деталь «Вал ведучий» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

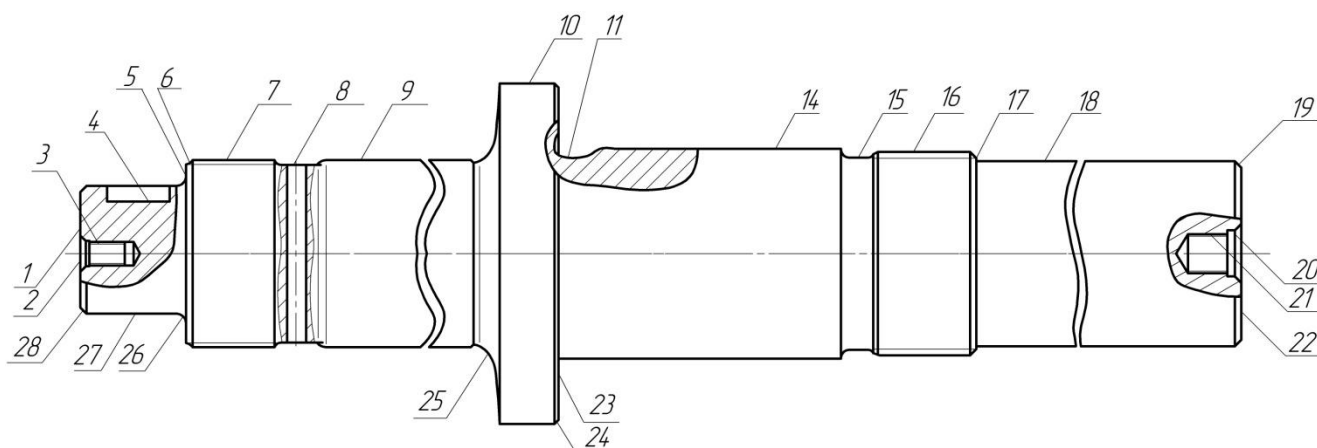


Рисунок 1.1 - Нумерація поверхонь деталі Вал ведучий

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі Вал ведучий

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	23,24,25
Основні конструкторські бази	7,17
Допоміжні конструкторські бази	3,9,14,20,23,24,25
Вільні	1,2,3,4,5,6,8,10,11,12,13,15,16,18,19,21,22





Таблиця 1.3- Таблиця відповідностей

Зв'язок	Ступінь вільності	База
1,2,3,4	II, III V, VI	Подвійна-напрямна
5	IV	Опорна
6	I	Опорна

Таблиця 1.4- Матриця зв'язків

	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Z</b>	
<i>l</i>	0	1	1	ПНБ
<i>α</i>	0	1	1	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
<i>α</i>	1	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
<i>α</i>	0	0	0	

Поршневий вал ведучий гідроциліндра, як правило, є твердою хромованою деталлю з холоднокатаної сталі, яка приєднується до поршня і виступає з циліндра крізь кришку вал ведучийової камери. У циліндрах з двостороннім вал ведучийом, вал ведучий, що кріпиться з обох сторін поршня і виступає за межі циліндра крізь кришки вал ведучийових камер з обох кінців. Поршневий вал ведучий з'єднує гідравлічний привід з виконавчим компонентом механізму. Це з'єднання може бути у формі різьбового з'єднання на основі нарізі з дрібним кроком або з використанням такого засобу кріплення, як вилка вал ведучийа або отвір для головки шатуна. Ці вузли кріплення можуть бути пригвинчені або приварені до поршневого вал ведучийа, або, у деяких випадках, вони є виконані заодно зі вал ведучийом.

Умови роботи деталі «Вал ведучий» – це високі температури та тиск, тому деталь виготовляється з поковки IV-ї групи та проходить контроль можливих дефектів ультразвуковим способом.

Умови експлуатації.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

Деталь «Вал ведучий» при роботі в вузлі відчуває ударні і циклічні навантаження, які виникають у момент руху поршня. Навантаження сприймає весь вал ведучий, що працюють на змінання.

Деталь і виріб, також як компресор вцілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -25 до + 50 ° С.

Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 60-70 Дб.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		10



конструкторською базою для деталі і допуск посадки, а отже і зазор, який впливає на точність центрування повинні бути якомога менше, тому 6-й квалітет поверхні і шорсткість за критерієм Ra 0,2 мкм цілком обґрунтовані конструктором. Також проставлені допуски радіального биття 0,03мм щодо бази Г (вісь центрів) тому що ці поверхні є конструкторськими базами деталі з якою контактує деталь вал ведучий, тобто можна говорити, що дані вимоги до цих поверхонь обґрунтовані конструктором.

На кресленні також є поверхня Ø16H7 з шорсткістю за критерієм Ra 1,6 мкм призначена для встановлення штифта. Торець, що характеризується розміром 150 та Ø128/Ø95 є основною конструкторською базою вузла. З цього торця відбувається контакт деталі з поршнем, тому велике відхилення тут неприпустимо, так як це може привести до розбалансування та нерівномірного зношування поршня.

Решта поверхонь є вільними, тобто виготовляються з допуском 14-го квалітету.

Згідно з технічними вимогами, які вказані на кресленні деталі «Вал ведучий» деталь повинна виготовлятися з поковки другої групи Гр. IV зі сталі 40Х, твердістю до 223...262 НВ по ГОСТ 8479-70, До поковки п'ятої групи пред'являються більш жорсткі вимоги до контролю на заготівельній операції, (найменші вимоги пред'являються до поковки першої групи, які використовуються в основному для маловідповідальних деталей). Згідно ГОСТ 8479-70 до поковки п'ятої групи: контроль твердості 100% поковок. Поковки повинні бути однієї марки стали спільно пройшли термічну обробку за однаковим режимом. Дані вимоги до груп поковок проставлені конструктором обґрунтовані тим, що деталь працює в компресорі і вихід з ладу деталі призведе до поломки агрегату.

Третім пунктом у вимогах зазначено, що різі на деталі повинні бути накатані, тобто пластично деформовані після попереднього нарізання різцем.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Четвертим пунктом у технічних вимогах зазначається, що різі мають бути оглянуті візуально та не мати дефектів.

П'ятим пунктом в технічних вимогах повинно було б бути зазначено, що не вказані граничні відхилення розмірів на кресленні деталі необхідно обробляти з точністю 14-го квалітету. Всі отвори або охоплюють поверхні з полем допуску Н14, все вали або охоплюються поверхні з полем допуску h14, а все лінійні розміри з допуском 14-го квалітету і полем допуску симетричним в обидві сторони щодо номінального розміру, таким чином спростилося би креслення.

Шостий пункт - маркувати позначення креслення, марку матеріалу і номер маршрутного листа ударним способом шрифтом 5 - ПрЗ ГОСТ 26.020-80. Маркується на поверхні, тому що деталь відповідальна і щоб при збірці насосу не сплутати секцію з іншими, подібними за конфігурацією, деталями.

Таврувати знак ОТК. Після контролю всіх розмірів і вимог креслення, контролер таврує знак якості, який є гарантією відповідності розмірів і якості поверхонь деталі вимогам креслення. І засвідчує що виріб готовий до збірки.

Базування і закріплення деталі є технологічним оскільки на токарних та шліфувальних операціях деталь базується в центрах, а крутний момент передається за рахунок повідкового патрону.

На фрезерних операціях деталь базується у призмах та у ділильній голівці. Так як деталь на операціях механічної обробки базується в центрах та призмах непотрібно проводити точну вивірку деталі при її закріпленні, що зменшує допоміжний час.

Проставлення розмірів на деталі завжди повною мірою дає можливість контролю розмірів на одному установі стандартним вимірювальним інструментом, що є добре з точки зору технологічності. Всі розміри можна проконтролювати штангенциркулем та мікрометром.

Присутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її нетехнологічною за цим показником. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на шліфувальній операції.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

На деталі є декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме шпонкові пази та отвір на циліндричній поверхні. Для отримання їх в умовах дріюносерійного виробництва доцільно застосовувати верстати з ЧПК та спеціальні верстатні пристрої.

Способи отримання заготовки можуть бути лише пластичне деформування, так як у технічних вимогах вказана група поковок.

В цілому ж креслення виконане з усіма вимогами ЄСКД, за винятком деяких неточностей зазначених вище. На кресленні досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		14

### 3 Визначення типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконуємо розрахунок, згідно [3].

Початкові дані:

Річна програма випуску виробів  $N = 2000$  штук.

Режим роботи підприємства - у дві зміни.

Дійсний річний фонд роботи обладнання  $F_d = 4029$ , годин.

Для розрахунку необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучному часу виготовлення деталі «Вал ведучий» на механічні операції візьмемо з базового технологічного процесу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Штучний час на механічні операції

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв
030	Токарно - карусельна	240
045	Токарно - карусельна	320
050	Вертикально-фрезерна	200
060	Горизонтально - розточувальна	420
065	Токарно – карусельна з ЧПК	200
070	Токарно – карусельна з ЧПК	130

Знаючи штучний час, витрачений на кожну операцію, визначаємо кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (3.1)$$

де  $N$  - річна програма випуску виробів, шт;

$T_{шт}$  - штучний час;

$F_d$  - дійсний річний фонд часу, ч;

$\eta_{з.н}$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, по [3]  $\eta_{з.н} = 0,8$ .

Таблиця 3.2 - Нормування операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$	$m_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O
030	Токарно - карусельна	240	0,06	1	0,06	12,9
045	Токарно - карусельна	320	0,031	1	0,031	27,8
050	Вертикально-фрезерна	200	0,046	1	0,046	17,2
060	Горизонтально - розточувальна	420	0,031	1	0,031	27,8
065	Токарно – карусельна з ЧПК	200	0,031	1	0,031	27,8
070	Токарно – карусельна з ЧПК	130	0,046	1	0,046	16,2
$\Sigma$	-	1230	-	7	-	286,6

Коефіцієнт закріплення операції розраховуємо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.2)$$

Таким чином коефіцієнт закріплення операції дорівнює:

$$K_{з.о.} = \frac{286,6}{7} = 24,2 \approx 24, \text{ що відповідає дрібносерійному типу виробництва, так}$$

як  $K_{з.о.}$  входить в межі  $20 < 24 < 40$ .

Визначаємо форму організації виробництва.

Визначаємо партію запуску за формулою [3]:

$$n = Na/254, \quad (3.3)$$

де  $a=24$  – періодичність запуску в днях [3].

$$n = 2000 \cdot 24 / 254 = 189,9, \text{ приймаємо партію запуску } 189 \text{ штук.}$$

Визначити середню трудомісткість механічних операцій:

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						





застосовується групова форма організації виробництва. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням положення України цеху. Різучий інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний, який використовується в разі неможливості обробки стандартним інструментом різних поверхонь великої номенклатури та різної конструкції деталей. Мірятьний інструмент також застосовують як стандартний, так і спеціально виготовлений на замовлення в інструментальному цеху підприємства. Переважно застосовують шкальний інструмент в деяких випадках шаблони і калібри.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, а також налагоджують використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

#### 4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Базування і закріплення деталі на будь-якої операції є нетехнологічним так як деталь має велику масу і необхідно застосовувати спеціальні пристосування, що не будуть деформуватися при обробці. Також при базуванні необхідно проводити точну вивірку деталі при закріпленні у чотирьох та шестикулачкові патрони, що не є самоцентруючими, а це досить трудомістко.

Проставлення розмірів на деталі не завжди повною мірою дає можливість контролю розмірів на одному установі стандартним вимірювальним інструментом (як наприклад розміри вікон під патрубку). Ті розміри які все-таки можна проконтролювати можуть контролюватися штангель циркулем та нутроміром.

Відсутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її технологічною за цим показником.

На деталі є два нетехнологічних конструктивних елементи, а саме вікна під патрубку складного профілю, що можливо отримати лише застосувавши верстати з ЧПК.

Можливі способи отримання заготовки обмежуються лише методами пластичного деформування, адже у технічних вимогах вказана поковка V групи.

Аналіз технологічності.

Технологічна та конструкція деталі, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці та мінімальною собівартістю. Існує два критерії оцінки технологічності - це кількісний і якісний критерії.

До якісного критерію відносяться такі показники:

1. Матеріал деталі.
2. Базування і закріплення деталі.
3. Проставлення розмірів.
4. Допуски форми і взаємного розташування.
5. Конструктивні нетехнологічні елементи.
6. Можливі способи одержання заготовки.

За всіма якісними критеріями деталь була описана вище в тексті.

До кількісним критерієм відносяться:

1. Коефіцієнт використання заготовки  $K_3$ :

$$K_3 = M_d / M_z \quad (4.1)$$

де  $M_d$  – маса готової деталі;

$M_z$  – маса заготовки;

2. Коефіцієнт використання матеріалу  $K_m$ :

$$K_m = M_d / (M_z + M_{ввз}), \quad (4.2)$$

де  $M_{ввз}$  – маса відходів виробництва заготовки.

3. Коефіцієнт точності  $K_T$ :

$$K_T = 1 - 1/A_{ср} > 0.8 \quad (4.3)$$

де  $A_{ср}$  – середньоарифметичне значення квалитетов точності.

Рівень технологічності по ЄСТПІ – 0.8.

4. Коефіцієнт шорсткості  $K_{ш}$ :

$$K_{ш} = 1/B_{ср} < 0,32, \quad (4.4)$$

де  $B_{ср}$  – середньоарифметичне значення шорсткості по  $R_a$ .

Аналіз деталі на технологічність за кількісним критерієм.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		20

1. Визначення коефіцієнта використання заготовки  $K_z$  (використовуються вихідні дані з пункту 1.4):

За формулою 4.1:

$$K_z = 382/1421 = 0,33$$

Так як  $K_z < 0,7$ , то заготовка не відповідає рівню ЄСТПП. У цьому плані деталь нетехнологічна.

2. Визначення коефіцієнта використання матеріалу  $K_m$ , при цьому приймається  $M_{ввз} = 10\%$  від маси заготовки, т. ч.:

$M_{ввз} = 1421$  кг ( з пункту 4).

За формулою 1.2:

$$K_m = 13882 / (42170 + 4217) = 0,3$$

Так як  $K_m < 0,64$ , то заготовка не відповідає рівню ЄСТПП, що робить деталь нетехнологічною.

3. Визначення коефіцієнта точності і шорсткості проводиться

$$A_{ср} = \frac{14 * 5 + 7 * 1}{6} = 12,8$$

За формулою 4.3:

$$K_T = 1 - 1/12,6 = 0,92$$

Так як  $K_T > 0,8$ , то деталь по ЄСТПП є технологічною за критерієм точності розмірів.

1. Визначення коефіцієнта шорсткості  $K_{ш}$ :

$$B_{ср} = \frac{12,5 * 2 + 6,3 * 1 + 3,2 * 2 + 0,8 * 1}{6} = 6,4$$

$$K_{ш} = 1/6,4 = 0,16$$

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

Так як  $K_{ш} < 0,32$ , то деталь по ЄСТПІ є технологічною.

Проаналізувавши всі плюси і мінуси (на технологічність), можна сказати, що дана деталь не технологічна щодо більшості пунктів якісного і кількісного методів оцінки на технологічність. Також пункти невідповідності критеріям технологічності покращити неможливо в силу службового призначення деталі.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

## 5 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

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

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Вал ведучий», матеріал деталі – сталь 40ХММА ГОСТ 4543:

- лиття – не раціонально застосувати, так як для заданого обсягу випуску треба виготовляти спеціальні форми для лиття у кокіль, а потім піддавати деталь очистці піском під тиском та видаляти залишки литникових систем. При цьому способі отримання заготовки можуть з'явитись раковини та пори, що негативно вплине на працездатність оправки, адже вона передає крутний момент у процесі роботи, а при цьому треба забезпечити ущільнення волокон матеріалу, що можливо лише при пластичному деформуванні.

- прокат – не раціонально застосовувати у середньо серійному виробництві через великі перепади діаметральних розмірів, що знижує коефіцієнт використання матеріалу та збільшує трудомісткість чорнової обробки.

- кування на молотах – не раціонально застосувати через достатньо складний профіль деталі, адже у середньосерійному виробництві потрібно прагнути до наближення форми заготовки до форми деталі, що можливе лише при штампуванні. Проте через габарити деталі та дрібносерійний тип виробництва будемо розглядати і його.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23











універсальних верстатах;

– обробку кількох аналогічних деталей на одному верстаті, що має місце в умовах серійного виробництва. В цьому випадку застосуванням верстатів з ЧПК можна скоротити час на переналагодження обладнання;

– можливість скорочення числа операторів впровадженням багатOVERSTATного обслуговування.

Порівнявши маршрутний технологічний процес з типовим технологічним процесом на однотипні деталі ми не знаходимо істотних відмінностей. Тому зміну порядку технологічних операцій можна вважати недоцільним. Але, розглядаючи рівень прогресивності методів обробки, ми бачимо, що вони не досить продуктивні.

Аналізуючи технологічний процес можна рекомендувати використовувати на токарній операції сучасні верстати з ЧПК наприклад 16P30F3, більш придатних за технічними характеристиками при обробці заданої деталі, ніж верстати ТВ200, що дозволить значно скоротити час на обробку та збільшити точність обробки.

Аналіз вимірювального інструмента, яким проводиться контроль точності обробки, показав, що деякі параметри, такі як радіальне биття отворів, в базовому технологічному процесі не контролюються. Виходячи з цього необхідно розробити контрольнo-вимірювальне пристосування для контролю радіального биття отворів.

Проводячи аналіз рівня механізації і автоматизації технологічного процесу можна зробити висновок, що в ньому практично не використовується пристрої.

Виходячи з цього, рекомендується розробити кілька пристроїв. Зокрема можна розробити пристрій для кріплення деталі на обробному центрі з ЧПК операцію з пневматичним затискачем, також можна розробити пневматичний пристрій для затиску деталі на токарній операції.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		28

## 6 Аналіз існуючого технологічного процесу

### 6.1 Розрахунки припусків на механічну обробку поверхонь

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 80h6$  мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.2)$$

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

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

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

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{зкс}^2 + \rho_{см}^2} = 1200 \text{ мкм},$$

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді  $\rho_{черп} = \rho_{заг} k_y$ , де  $k_y = 0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{черп} = 1200 \cdot 0,06 = 72 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{n/ч} = 1200 \cdot 0,05 = 60 \text{ мкм}.$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 2.1, а самі результати розрахунку у додатку.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск T, мм	Елементи припуску, мкм				
				R <sub>zi-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>y</sub> , мкм	
							ε <sub>б</sub> мкм	ε <sub>з</sub> , мкм
-	T4 ГОСТ 7505-89	+2,7 -1,3	4	200	250	1200	1000	800
Розточування чорнове	h14	+0,74	0,74	40	50	72	100	200
Розточування напівчистове	h9	+0,074	0,074	20	20	60	0	0
Розточування чистове	h6	+0,03	0,03	-	-	-	-	-

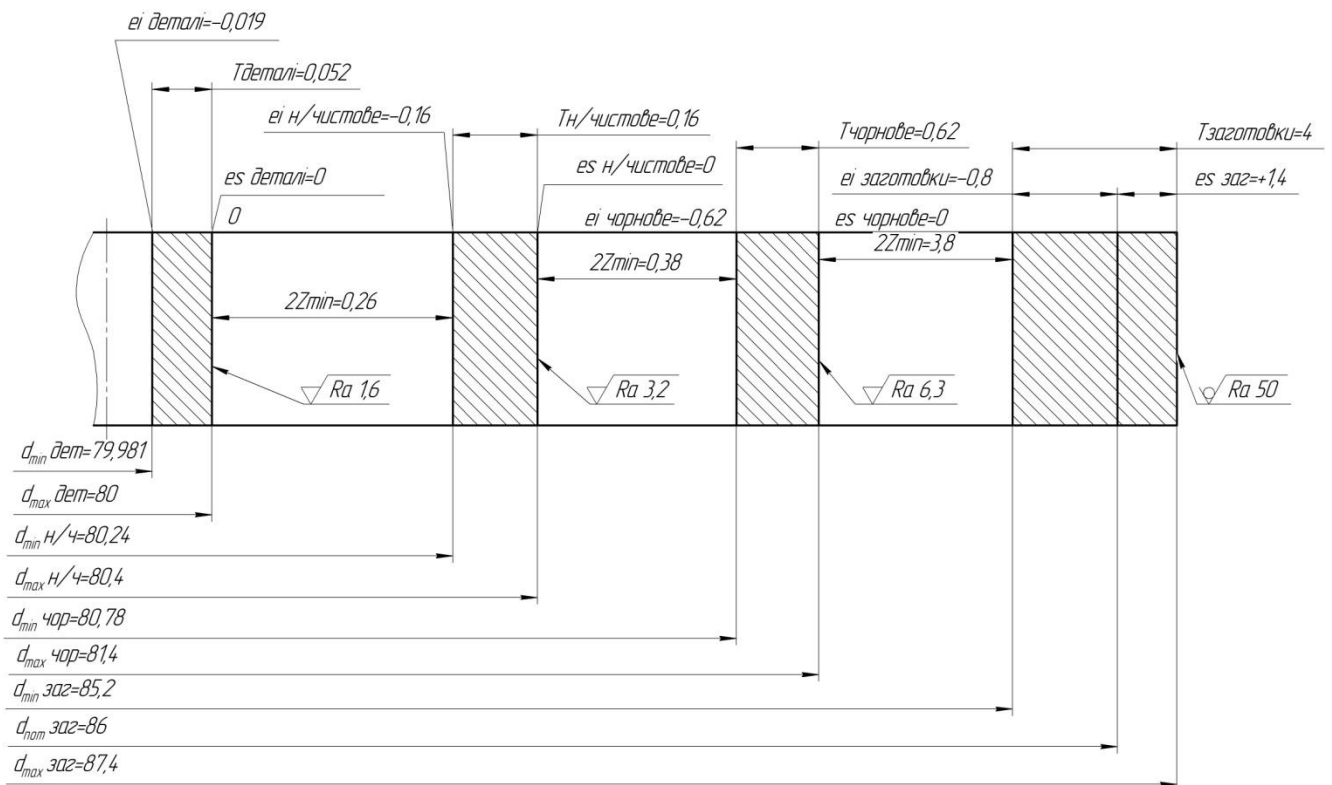


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 80h6$  мм

Порівнюючи розмір, визначений аналітичним методом та за допомогою ГОСТ робимо висновок, що вони майже не відрізняються 87 мм за ГОСТ та 86 мм аналітичним методом відповідно, тому розрахунки проведені вірно.

## 6.2 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базірова-ня, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиков, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано вертикально-фрезерну операцію, на якій за базовим технологічним процесом обробляються пази під стопорні шайби:

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

Схеми базування заготовки на токарній з ЧПК операції 030 приведені на рисунках 6.3-6.4.

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

Приймаємо одну схему базування у центрах, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що обробка валів на токарних операціях виконується в

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31







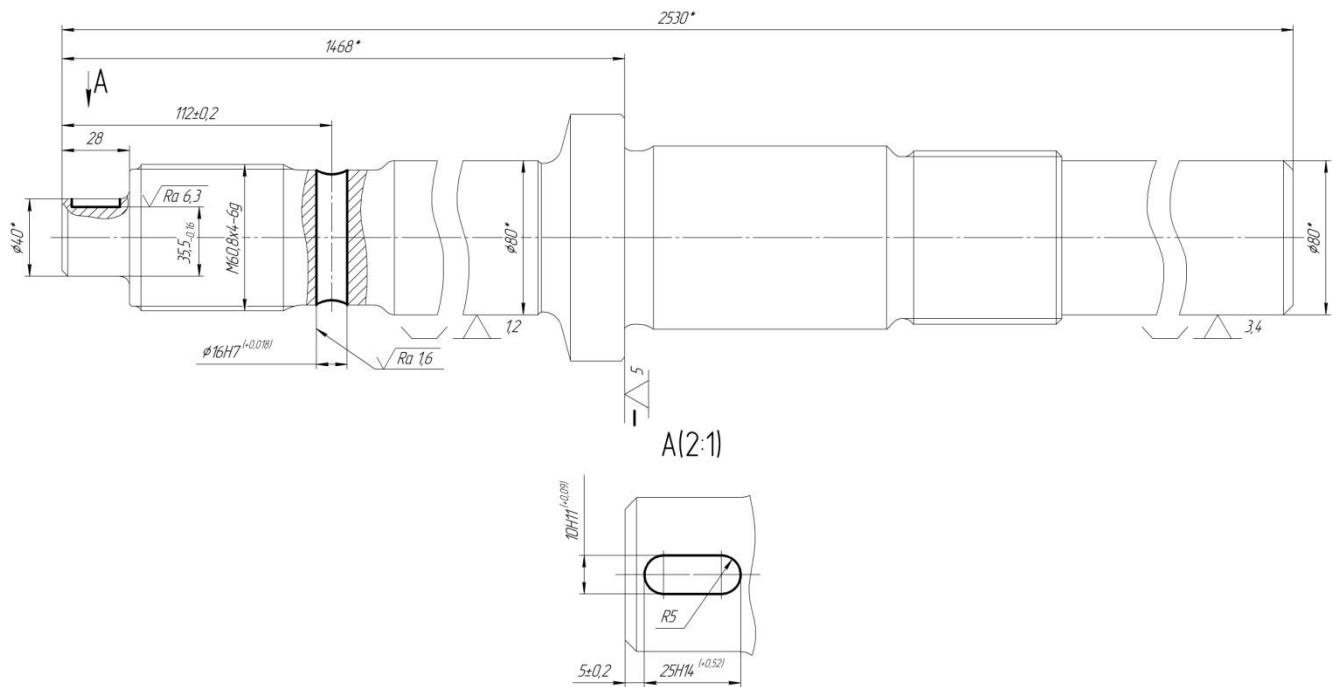


Рисунок 2.6- Схема базування заготовки на комплексній з ЧПК операції  
(другий варіант)

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

Приймаємо одну схему базування у призмах, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що лише дві циліндричні поверхні на даному установі можна використати як подвійну-напрямну базу, а саме 2 зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 80h6$  і одну поверхню як опорну базу – торець лівий, або торець, що характеризується розміром 1468 мм. Дана схема передбачає подвійну-напрямну та опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності.

У даному випадку забезпечуються лише два розміри на операції: ширина пазу 10, розмір 35,5 та розмір  $112 \pm 0,2$  мм. Так як ширина пазу забезпечується інструментом - фрезою, а розмір 35,5 базуванням у призмах то похибку будемо визначати лише для розміра 112.

Похибка базування:

$$\varepsilon_{\phi 112} = 0,05 < T_{112} = 0,4 \text{ мм} - \text{браку не виникатиме};$$

По другому варіанту:

$$\varepsilon_{\phi 112} = T_{1468} = 1,6 > T_{112} = 0,4 \text{ мм} - \text{брак може виникати.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Отже у другому випадку виникатиме похибка, тому оберемо перший варіант схеми базування.

### 6.3 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів

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

Для обробки циліндричних поверхонь на підприємстві застосовувався токарно-гвинторізний верстат моделі 1М63. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме 16Р30Ф3 з системою ЧПК «WL4», паспортні дані якого взяті з [4].

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх поверхонь і розточування ступеневої отвори) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції.

Потужність даного обладнання становить 18 кВт, що має бути достатньо для здійснення даної операції.

Також зручно використання даного верстата з точки зору того, що частота обертання шпинделя (6,3 - 1250 об / хв) і привід подач (поздовжніх -1-2000 мм/хв, а поперечних 1-600 мм / хв) на ньому мають безступінчасте регулювання, що зручно при призначенні режимів різання, так як немає необхідності округляти розрахункове значення подачі і частоти обертання до фактичних по верстата.

Деякі параметри верстата:

- Найбільший діаметр оброблюваної заготовки;
- Над станиною - 630 мм;
- Над супортом - 320 мм;
- Найбільша довжина оброблюваної заготовки - 1400 мм;

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

- Швидкість швидкого переміщення супорта:
- Поздовжнього - 4800 мм / хв;
- Поперечного - 2400 мм / хв;
- К.п.д верстата 0,85.

Для обробки пазів на підприємстві застосовувався вертикально-фрезерний верстат 6P13. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме DOOSAN 268 M12 з ЧПК.

Обробний центр DOOSAN 268 M12 призначений для свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різі, фрезерування деталей із сталі, чавуну і кольорових металів в умовах дрібносерійного і середньо серійного виробництва. Оснащений магазином з автоматичною зміною інструмента, дозволяє виконувати координатну обробку деталей типу: кришок, фланців, панелей і т. д. без попередньої розмітки і застосування кондукторів.

Технічні характеристики верстата DOOSAN 268 M12:

Розміри робочої поверхні столу, мм 2000x680

Виліт шпинделя, мм 70

Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм 600

Найбільша маса оброблюваного виробу, кг 800

Найбільше переміщення столу:

- Поздовжнє, мм 1600

- Поперечне, мм 800

Найбільший діаметр:

свердління в сталі, мм 20

фрезерування, мм 100

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

Подача:

- Шпинделя, мм / хв 1 - 3000

- Стола, мм / хв 1 - 3000

					<i>TM 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		36

Дискретність відліку координат по осях, мм 0,001

Точність установки координат, мм 0,001

Число Т-подібних пазів 5

Ширина паза, мм 25

Конус шпинделя ISO40

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 10,5

Габаритні розміри, мм 3150x2900x3320

Маса верстата, кг 3200.

Застосовуючи обробний центр з ЧПК можливо значно підвищити продуктивність праці (у 3-4 рази), полегшити умови праці робітника (при зменшенні його кваліфікації), також значно підвищується точність оброблюваних поверхонь у порівнянні з базовим варіантом верстата.

#### **6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів**

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) згідно ГОСТ 14.305.

Для установки і закріплення деталі «Вал ведучий» на операції 030 в якості пристроїв використовуємо універсальне пристосування – центр плаваючий ГОСТ 2576-79, центр обертовий А-1-5-Н ГОСТ 8742-75. Центра були обрані, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналагодження можуть оброблятися деталі подібні заданої (диски, фланці з  $l/d > 1$ ).

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- Різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з T5K10 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 ТУ 38 - 101197 - 76 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в рсзцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції 030 - токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент, а саме штангенциркулі ШЦ-ІІ-2500-0,1 ГОСТ 166-89, ШЦ-І-250-0,05 ГОСТ166-89, застосування якого обумовлено дрібносерійним типом виробництва, а також шаблон для конуса. Даними інструментами можна проконтролювати всі розміри.

Інструмент був підібраний з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого штангенциркулем. Ціна поділки штангенциркуля 0,05 мм, а третя частина допуску на контрольований розмір 0,2 мм (розмір мм), що задовольняє умові.

Операція 040 – комплексна на оброблювальному центрі з ЧПК.

Для фрезерування пазів будемо використовувати:

- спеціальний верстатний пристрій, що дозволить реалізувати схему базування (у призмах та по торцю деталі).

- фреза кінцева Ø10 Т15К6 ГОСТ 17026-71 діаметром 10 мм та довжиною робочої частини 25мм. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав Т15К6. Кількість зубів  $z=3$ .

- свердло спіральне Ø15,7 мм зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 10903-77 для свердління отворів.

- розгортка Ø16Н7 зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 10903- 77 - для розгортання отворів.

- патрон цанговий 6162-4002-04 ГОСТ 25827-85.

Для вимірювання точності обробки пазу та отворів використаємо:

- штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1, ГОСТ 166-89;

- калібр пробка 1403-7528 16Н7 ГОСТ 18341-85.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

Інструмент був підібраний з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого штангенциркулем. Ціна поділки штангенциркуля 0,1 мм, а третя частина допуску на контрольований розмір 0,15 мм (розмір мм), що задовольняє умові. Калібр пробка на відповідний розмір автоматично контролює розмір за прохідною та непрохідною частинами.

## 6.5 Розрахунок режимів різання

Режими різання аналітичним способом для операції 030 - токарна чорнова:

Дано:  $D = 86$  мм,  $d = 82$  мм,  $L = 836$  мм, матеріал – 40ХМЗА, ріжучий інструмент із матеріалу Т5К10.

Алгоритм визначення режиму різання:  $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_0$ .

Визначаємо глибину різання ( $t$ )

$$z = \frac{D - d}{2} = (86 - 82) / 2 = 2 \text{ мм} - \text{шар металу який необхідно зняти};$$

$t = z / 1 = 2 / 1 = 2$  мм – глибина різання;

Визначаємо подачу ( $S$ )

$$S_{\text{таб}} = (0,4 - 0,8) \text{ мм/об}$$

Приймаємо  $S_{\text{таб}} = 0,6$  мм/об ;  $S_{\text{верст}} = 0,6$  мм/об.

Усі поправочні коефіцієнти дорівнюють 1, тому до уваги їх не беремо.

Розрахуємо швидкість різання ( $V$ )

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (6.7)$$

Вибираємо необхідні дані з [5]

$$C_v = 217 \quad m = 0,2$$

$$X = 0,15 \quad T = 30 \text{ хв}$$

$$y = 0,15$$

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv}$$

$K_{nv}$  – вплив поверхні на швидкість;

$K_{iv}$  – вплив інструмента на швидкість;

$K_{mv}$  – вплив матеріалу на швидкість.

Приймаємо

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0.77, \quad (6.8)$$

згідно [3]

$$K_{iv} = 0,65 \quad K_{nv} = 0,9$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0.77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 101 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.9)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 101}{\pi \cdot 46} = 1242 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата приймаємо найближчу частоту 1200 об/хв та перераховуємо швидкість різання.

$$V = \frac{\pi \cdot 46 \cdot 1200}{1000} = 91,6 \text{ м/хв.}$$

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40



Знаходимо силу різання  $P_z$

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz}, \quad (6.9)$$

де  $C_{pz} = 300$ ;  $X_{pz} = 1$ ;  $Y_{pz} = 0,75$ ;  $n_{pz} = -0,15$ , згідно [5]

$$K_{pz} = K_{мпz} \cdot K_{фpz} \cdot K_{Ypz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{гpz}$$

$$K_{мпz} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22; \quad (6.10)$$

де  $K_{фpz} = 0,98$ ;  $K_{гpz} = 0,93$

$K_{Ypz} = 1,0$ ;

$K_{\lambda pz} = 1,0$ ;

$$K_{pz} = K_{мпz} \cdot K_{фpz} \cdot K_{Ypz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{гpz} = 1,22 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,11$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 102^0 \cdot 0,776 \approx 270 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання  $N_{\text{виз}}$

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{270 \cdot 91,6}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ кВт}$$

Визначаємо коефіцієнт використання верстата за потужністю:

Потужність верстата з урахуванням ккд:

$$N_{\text{ун}} = 11 \cdot 0,85 = 8,9,$$

де  $N_{\text{дв}} = 8,9$  кВт – потужність двигуна головного руху з урахуванням ккд;

$\mu = 85\%$  - ккд верстата;

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

(4,5<8,9) – потужності верстата вистачить для обробки.

Визначаємо основний час, тобто час на обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_M} i \quad (6.11)$$

де  $L = 836+2+2=840$  мм - довжина обробки з урахуванням врізання (перебігу немає);

$i=2$  – кількість проходів.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{840 \cdot 2}{500 \cdot 0,6} = 8,5 \text{ хв.}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Параметри режимів обробки на операцію 030

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Точіння Ø82	2	0,6	500	94,2	2	840	8,5
Точіння Ø92	2	0,6	500	102	2	88	1,21
Точіння Ø97	2	0,6	500	110,9	1	138	2,61
Точіння Ø130	2	0,6	500	135	1	35	0,65
Установ Б							
Точіння Ø40	2	0,6	500	51,5	10	35	1,6
Точіння Ø82	2	0,6	500	94,2	2	1390	13,9
Точіння конуса 20°	2	0,6	500	110,9	2	25	0,48
Всього							28,95

Операція 040 комплексна на оброблювальному центрі з ЧПК

Розрахунок аналітичним методом для фрезерування пазу 10 мм.

						Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ТМ 17510065-00.ПЗ

Дано:

Геометричні параметри фрези:

- головний кут в плані  $\varphi = 90^\circ$ ;
- число зубів фрези  $z=3$ ;
- матеріал фрези - твердий сплав Т15К6;
- діаметр фрези  $d=10\text{мм}$ ;

Глибина різання  $t = 10\text{мм}$ .

Ширина фрезерування  $B=1\text{мм}$ .

Подача при фрезеруванні:

$S_z = 0,02$  мм/зуб - таблична подача на зуб при чорнової стадії обробки, що залежить від групи матеріалу, діаметра фрези і глибини різання [5];

Оборотна подача:

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (6.11)$$

$$S_0 = 0,02 \cdot 3 = 0,06 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (6.12)$$

де  $C_v = 108$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$q=0,2$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$u=0,3$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$x=0,06$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$u=0,3$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$p=0,1$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$m=0,27$  – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$T=90$  хв – період стійкості фрези при обробці сталі 40ХН [5];

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}, \quad (6.13)$$

де  $K_{MV}$  - поправочний коефіцієнт на оброблюваний матеріал [5];

$K_{IV} = 1$  - поправочний коефіцієнт на інструментальний матеріал [5];

$K_{IIV} = 1$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки [5].

Коефіцієнт  $K_{MV}$  визначаємо за формулою:

де  $n_v = 1,0$  - показник ступеня, що враховує групу сталі по оброблюваності (для фрезерування) [5];

$$K_{MV} = 1 \cdot \left( \frac{750}{520} \right)^{1,0} = 1,16.$$

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт  $K_v$  по формулі:

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

Визначаємо швидкість різання  $V$  по формулі:

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		44

$$V = \frac{108 \cdot 10^{0,2}}{90^{0,27} \cdot 5^{0,06} \cdot 0,05^{0,3} \cdot 1^{0,3} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1,16 = 92,64 \text{ м/хв.}$$

Розрахуємо частоту обертання шпинделя для забезпечення допустимої швидкості різання по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 92,64}{\pi \cdot 10} \approx 3103 \text{ об/хв.} \quad (6.14)$$

Подачу  $S=0,06$  мм/об і частоту обертання шпинделя  $n=3103$  об/хв не округляємо до паспортних даних, так як даний верстат має безступінчасте регулювання частот обертання і подач.

Визначити силу різання:

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

де  $K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n = 0,792$  - коефіцієнт, що враховує вплив якості

оброблюваного матеріалу на силові залежності [5];

$C_p=82$  - коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$q=0,86$  – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$u=0,6$  – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$x=0,75$  – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$u=1$  – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$w=0,1$  – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

Визначити силу різання по формулі 2.15:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 5^{0,75} \cdot 0,02^{0,6} \cdot 1^1 \cdot 3}{10^{0,86} \cdot 6103^{0,1}} \cdot 0,792 = 15,7 \text{ Н.}$$

Найбільша сила подачі столу верстата 4000 Н, отже сили виникають при обробці привід подач витримає.

Потужність різання при фрезеруванні:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{15,7 \cdot 62,64}{1020 \cdot 60} = 0,62 \text{ кВт,} \quad (6.17)$$

Потужність різання при фрезеруванні не перевищує потужності верстата  $N = 0,21 < N_{ст} \cdot \eta = 6,5 \cdot 0,9 = 5,75 \text{ кВт}$ , отже обробка можлива.

Визначаємо основний час  $T_o$  по формулі:

$$T_o = \frac{35 \cdot 3}{3103 \cdot 0,06} = 0,71 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.5 – Параметри режимів обробки вертикально-фрезерної з ЧПК операції

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	$T_o$ , хв.	Спосіб обчислення
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Фрезерування пазу 10	10	0,06	3103	92,64	3	25	0,71	Аналітичний
Свердління отвору 15,7	7,8	0,2	650	22,48	1	75	0,62	Табличний
Розгортання отвору 16Н7	0,15	0,5	50	7,14	1	75	3	Табличний
Всього							4,33	

## 6.6 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Метою даного нормування є визначення норми штучно - калькуляційного часу на операції.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Основний час на операції складається з сум основних часів на окремих переходах.

Визначаємо допоміжний час, для операції 015, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.13)$$

де  $T_{уст} = 3,68$  хв - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 3,4$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,5$  хв - час на вимірювання [5].

$T_d = 3,68 + 3,4 + 2,5 = 9,58$  хв.

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (6.14)$$

$$T_{оп} = 39,93 + 9,58 = 49,51 \text{ хв.}$$

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

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 49,51 \cdot 0,04 = 1,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп}, \quad (6.15)$$
$$T_{шт} = 49,51 + 1,98 = 51,49 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/N, \quad (6.16)$$

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

де  $T_{п.з} = 35$  хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 14$  шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 51,49 + 35/14 = 54 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для операції 040, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим},$$

де  $T_{уст} = 4,2$  хв - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 6,3$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,2$  хв - час на вимірювання [5].

$$T_d = 4,2 + 6,3 + 2,2 = 12,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою 2.14:

$$T_{оп} = 18 + 12,7 = 30,7 \text{ хв.}$$

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

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 30,7 \cdot 0,04 = 1,22 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою 6.15:

$$T_{шт} = 30,7 + 1,22 = 31,92 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

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

$N = 14$  шт - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 31,92 + 30/14 = 34,1 \text{ хв.}$$

					<i>TM 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		48





Точність форми оброблюваних поверхонь

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

Відхилення від площинності стінок паза приймаємо в межах допуску на розмір 10, і він становить 60% від поля допуску

$$T = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18 \text{ згідно [10] допуск дорівнює } 0,16 \text{ мм.}$$

По таблиці 5.6 [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 14 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по ГОСТ 24643 - 81 [10]. Табличне значення дорівнює 0,16 мм.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

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

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір 10 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,18 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,16 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,16 мм, що відповідає 14-му ступеню точності.

Відхилення від нахилу осі паза щодо осі симетрії приймаємо в межах допуску на розмір 5 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,16 мм.

Допуск симетричності становить  $T = 0,09$  мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що допуск симетричності дорівнює 0,06 мм, що відповідає 5 ступені точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 6,3 мкм за критерієм Ra.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з остаточно обробленими базовими поверхнями. Маса заготовки - 95 кг.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

Матеріал - сталь 40ХНМА ГОСТ 4543-71. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на які буде встановлена заготівля в пристосуванні.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Конструкція пристрою буде припускати базування заготовки по зовнішнім циліндричним поверхням  $\varnothing 80h6$  та по лівому торцю.

Відхилення на розмір  $\varnothing 80$  згідно ГОСТ 25347-82 вибрано вірно. Допуск на неї становить  $T_{80} = 19\text{мкм}$ .

Дані поверхні виступають в якості подвійний направляючої бази та опорної баз.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь  $\varnothing 80_{-0,019}$  характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 80_{-0,019}$  становить 0,006 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 80_{-0,019}$  становить  $T = 0,05$  мм, що відповідає 6 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру  $\varnothing 80_{-0,019}$  становить 0,012 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру  $\varnothing 80_{-0,019}$  становить  $T = 0,012$  мм, що відповідає 7 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на маршрутному кресленні для усіх базових поверхонь відповідає за критерієм  $Ra$  0,8 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		51

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проєктований пристрій.

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

Річна програма випуску визначена в 150 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проєктування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівля буде оброблятися на фрезерному верстаті DOOSAN 268 M12 з системою ЧПК. Паспортні дані верстата наведені у попередньому розділі.

Обробка на даній операції здійснюється кінцевою фрезою  $\varnothing 10$  мм. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

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

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 2.4.

На дану операцію можливо запропонувати одну схему базування і закріплення заготовки, так як закріплення за іншими схемами неможливе з конструктивних точок зору.

Базування в призмах і за торцем.

Дана схема передбачає подвійну-напряму та опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 7.2.

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R

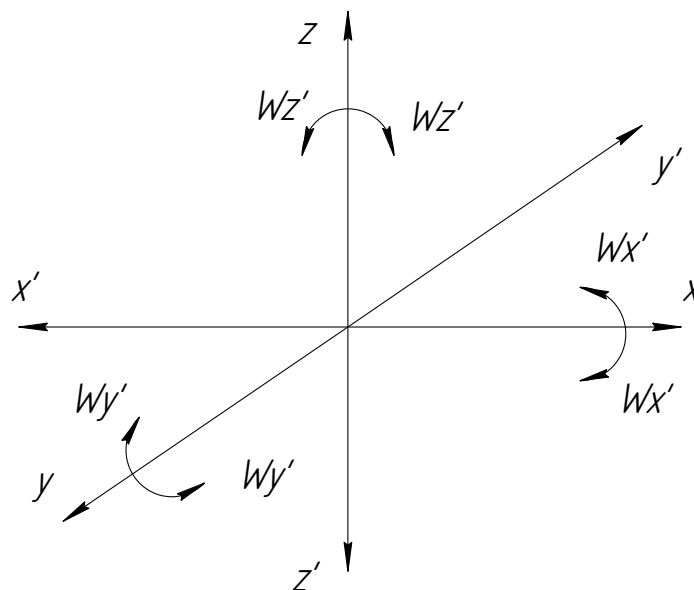


Рисунок 7.2 - Система координат

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

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

Побудова функціональної структури і загальної компоновки пристрою.

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

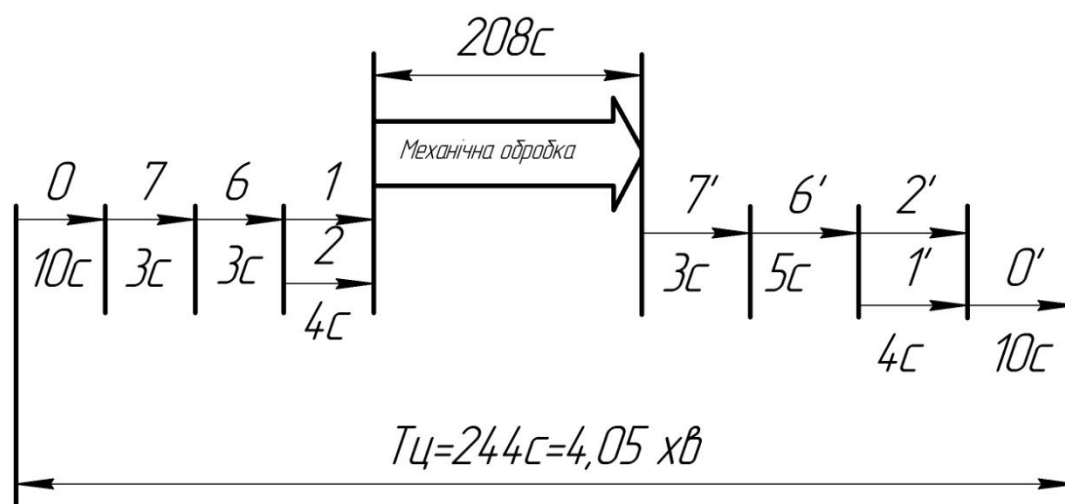


Рисунок 7.3 - Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації.

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

Функціональна структура проектованого пристосування представлена на рис. 7.4.

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

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

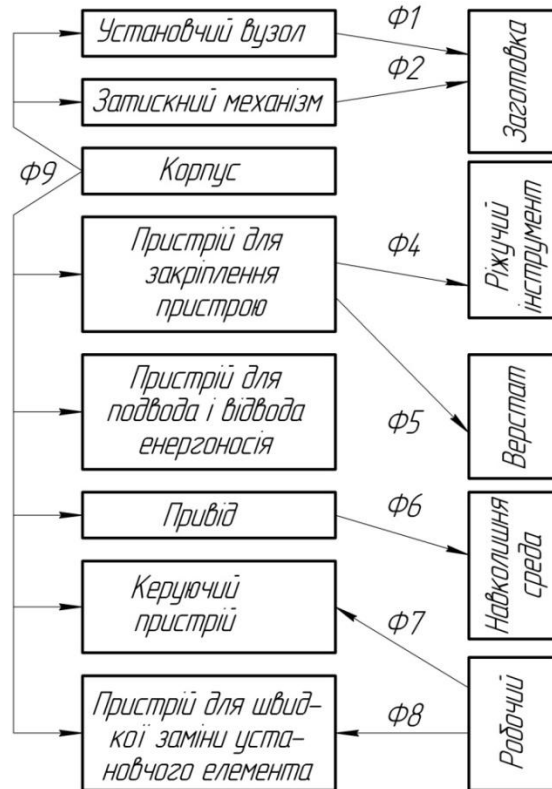


Рисунок 7.4 - Функціональна структура проектованого пристрою

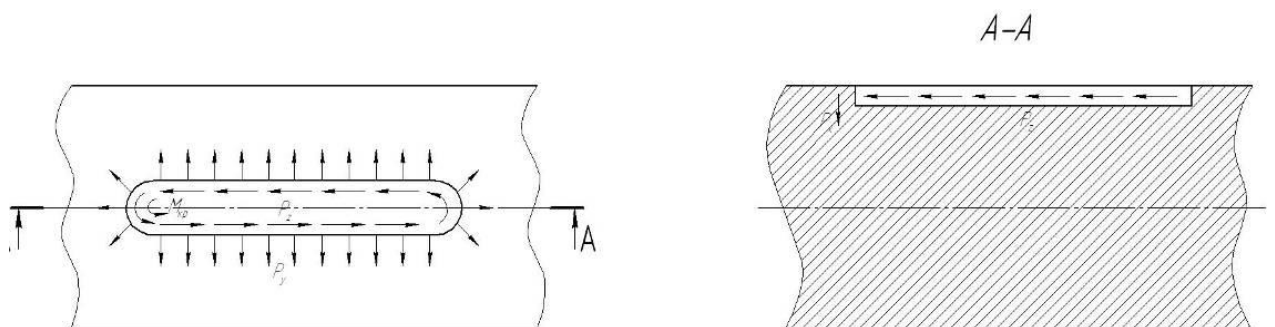


Рисунок 7.5 – Структура поля збурюючих сил

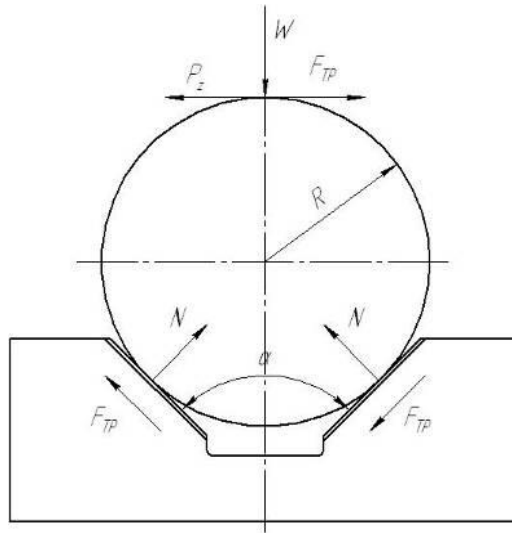


Рисунок 7.6 – Структура поля зрівноважувальних сил

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

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

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [7]:

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

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

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

$k_2$  - коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ( $k_2 = 1,7$ );

$k_3$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ( $k_3 = 1$ );



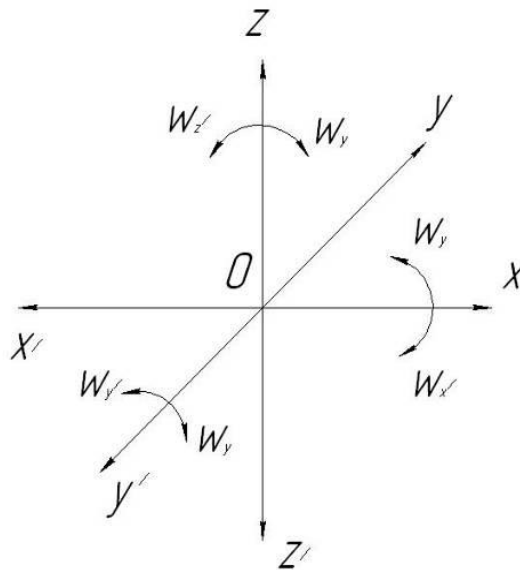
$k_4$  - коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ( $k_4 = 1,2$ );

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

$k_6$  - коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою:

$$K = 1,5 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,1 = 3,366.$$



Індекс зв'язку		$x$	$x'$	$y$	$y'$	$z$	$z'$	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб Реаліза- ції	Реакція			R	R		R	R	R	R	R	R	R
	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)										

Режими різання розраховані у попередньому пункті, сила різання складає 357 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення  $W$ .

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

Коефіцієнт тертя згідно [7] :  $f = 0,16$ .

$$W = \frac{3,366}{0,16} \cdot \sin \frac{90}{2} \cdot \sqrt{80^2 + 128^2 + 157^2} = 886 \text{ Н}$$

Згідно силі закріплення 886 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{886}{1,5} = 617 \text{ Н}$$

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

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

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

Тоді площа поршня дорівнюватиме

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

де  $D$  - діаметр поршня;

$Q = 617 \text{ Н}$  – сила на штоку;

$P = 0,4 \text{ МПа}$  – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$  - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 617}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,142 \text{ м} = 142 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:

$D = 160 \text{ мм}$ .

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

Сила, що виникає на вал ведучийу:

$$Q = \frac{\pi \cdot (60 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8 = 965 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 965 = 1497 \text{ Н.}$$

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

Розрахунок на міцність. Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компонованні пристосування приймемо різьбу на вал ведучий M30x3-6g. Сила на штоку  $W = 965$  Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (7.3)$$

де  $d_n$  – зовнішній діаметр різьби;

$P$  – шаг різьби.

$$d_B = 30 - (0,541 \cdot 3) \cdot 2 = 26,9065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{рез}} = \frac{\pi d_B^2}{4} \quad (7.4)$$

де  $d_B$  – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\min \text{рез}} = \frac{\pi \cdot 26,9065^2}{4} = 569,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$\sigma_{p \text{ доп}} = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.5)$$

Тобто

$$\sigma_{p \text{ доп}} = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа.}$$

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\min \text{рез}}} \leq \sigma_{p \text{ доп}} \quad (7.6)$$

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		59

$$\sigma_p = \frac{965}{60,22} = 15,41 < 150 \text{ МПа}$$

отже міцність вал ведучийа забезпечується, так як міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьбовій ділянці).

Обґрунтування вибору приводу.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні: в лещатах з ручним приводом. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точнісних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональною систему нерозбірних спеціальних пристроїв (НСП).

Точнісні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісні до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків обробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш жорстким допуском на кресленні  $\epsilon 10^{+0,19}$  мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні  $\varnothing 80_{-0,019}$  тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [9]:

$$\epsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{K_{T1} \cdot \epsilon_b^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_u^2 + K_{T2} \cdot \omega^2 + \epsilon_{noz}^2}, \quad (7.7)$$

де  $T$  - допуск розміру  $T_{10} = 0,19 \text{ мм} = 190 \text{ мкм}$ ;

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

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		60

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

$\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування заготовки,  $\varepsilon_{\delta} = 0,02$  мм = 20мкм (визначена раніше).

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

$\varepsilon_y$  - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Пристосування встановлюється на стіл за двома шпонками по посадці

18H9 / h9. Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

$\varepsilon_n$  - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься фрезою, що не має перекосу. Тобто похибка перекосу = 0.

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

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою :

$$\varepsilon_u = \beta_1 \cdot N^n, \quad (7.8)$$

де  $\beta_1 = 0,001$  - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [8];

$N$  - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 150 шт. Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_T \cdot n = 150 \cdot 2 = 300 \text{ штук.}$$

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 300^2 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ мкм.}$$

$K_{T2}$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [8]  $K_{T2} = 0,6$ ;

$w$  - середня економічна точність обробки, по [8] при фрезеруванні пазів середня економічна точність - 10 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 10-му квалітету тобто  $w = 50 \text{ мкм}$ ;

$\varepsilon_{\text{поз}}$  - Похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата, на якому буде проводиться обробка = 5 мкм.

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

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 190 - 1,2 \cdot \sqrt{0,85 \cdot 20^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 200^2 + 0,6 \cdot 50^2 + 5^2} = 190 - 103 = 87 \text{ мкм}$$

За ГОСТ 24643-81 приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування  $T=80 \text{ мкм}$

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,08 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій складається з плити на якій змонтований пневмоциліндр і призми

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

При надходженні повітря в верхню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через вал ведучий створює тиск на прихват який закріплює деталь при обробці. При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра відбувається зворотний процес - з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою перемикання триходового крана. подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря засобом перемикання триходового крана.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

## Висновки

У ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступний обсяг робіт.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТПП.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 40ХНМА, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний і визначена партія запуску  $n = 14$  штук.

В якості заготовки була прийнята поковка кована на молотах, так як альтернативи даному способу в заданих виробничих умовах і при великих габаритах деталі немає.

Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою методу професора Кована на найбільш точну зовнішню циліндричну поверхню.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Спроектований спеціальний верстатний пристрій для комплексної із ЧПК операції. До операції 055 – круглошліфувальна розроблено карти операційного налагодження.

У розділі «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок освітленості робочої зони, який дозволяє забезпечити сприятливі для робітників умови.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63







## Додаток Б. Розрахунок припусків

### РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

01.06.2021

Расчет выполнен для Чугай Є.О. группа - ТМ-71

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - внутренняя цилиндрическая  $\phi$  1758  $+0.150$   
0

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Пределные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир Еб (i)	закр. Ез (i)
Поковка ковкой	ГОСТ 7505-89	+20.00 -20.00	-	-	-	-	-
Chernovay	квалитет 12 +1.50 0	+1.50 0	250	1000	2119	500	500
Polychistovay	квалитет 10 +0.600	+0.6 0	125	240	127	200	100
Chistovay	квалитет 7 +0.150 0	+0.150 0	20	125	105	0	0

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм				
				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.		
-	-	1700.15	1700.15	1700.15	+20.00 -20.00	1680.15	1720.15	-	-	-
968	1968	1752.45	1752.45	1752.45	+1.50 0	1752.45	1753.95	1400	1340	1430
145	1875	1755.84	1755.84	1755.84	+0.600 0	1755.84	1756.44	270	900	1055
50	655	1758	1758	1758	+0.150 0	1758.0	1758.15	145	170	373

К О Н Е Ц    Р А С Ч Е Т А



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед, кг	Приме- чание
19		Болт М24х65.58 ГОСТ7798-70	2		
20		Болт М20х30.58 ГОСТ7798-70	2		
21		Болт М18х20.58 ГОСТ7798-70	2		
22		Болт М18х55.58 ГОСТ7798-70	2		
23		Гвинт М30х45.58 ГОСТ 1491-72	3		
24		Гвинт М20х50.58 ГОСТ 1491-72	2		
25		Гвинт М42х150.58 ГОСТ 1491-72	2		
26		Гайка М4.25 ГОСТ 5915-70	1		
27		Кільце 025-070-70-5-8 ГОСТ 9833-730	1		
28		Кільце СТ 170-140-8 ГОСТ 6418-67	1		
29		Кільце 080-250-90-5-9 ГОСТ 9833-730	1		
30		Кільце СТ 25-70-4 ГОСТ 288-72	1		
31		Пружина 4567-7678 ГОСТ 3454-65	1		
32		Гайка М4.25 ГОСТ 5915-70	2		
33		Шайба 42 65Г 02 9 ГОСТ 6402-70	1		
34		Шайба 42.015 ГОСТ 11371-68	1		
35		Труба 36х500 ГОСТ617-32	2		

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ТМ 17510065-07-00.00.СБ	Лист 3
------	--------	------	--------	-------	------	-------------------------	-----------

Копировал

Формат А4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист 68
------	------	----------	-------	------	-------------------	------------



і первинних засобів пожежогасіння, протипожежного водопостачання та систем сповіщення про пожежі; підготовку особового складу добровільних пожежних дружин та бойових розрахунків для проведення профілактичної роботи та гасіння пожеж і загорянь; установку в цехах, майстернях, складах і на окремих агрегатах систем пожежної автоматики.

Пожежно-профілактична робота на підприємствах проводиться Держпожнаглядом, особовим складом пожежних частин, пожежно-технічними комісіями (ПТК), добровільними пожежними дружинами (ДПД), добровільними пожежними товариствами (ДПО), відділами з техніки безпеки, а також позаштатними пожежними інспекторами при виконавчих комітетах місцевих рад народних депутатів.

Основний метод профілактичної роботи - усунення виявлених в ході перевірки недоліків на місці, а за відсутності такої можливості - в найкоротший термін. Такі заходи, як обладнання цехів, майстерень, складів установками пожежної автоматики, заміна горючих речовин менш горючими і т. П., Оформляються розпорядженнями або актами, які вручаються керівникам підприємств.

Органи Держпожнагляду покликані здійснювати контроль за дотриманням діючих правил і норм пожежної безпеки при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації будівель і споруд. Основною формою пожежно-профілактичної роботи органів Держпожнагляду на об'єктах народного господарства, в тому числі і на підприємствах бітового обслуговування населення, є пожежно-технічні обстеження (ПТО), які проводяться з метою контролю за дотриманням затверджених в установленому порядку правил і норм, спрямованих на запобігання пожеж , успішне їх гасіння, забезпечення безпеки людей у разі виникнення пожежі, а також на забезпечення будівель і споруд засобами протипожежного захисту. Саме в ході обстежень встановлюється істинне стан пожежної безпеки об'єктів і адміністрації пропонується здійснити комплекс пожежно-профілактичних заходів.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70







пожежної небезпеки розміщених в них виробництв, якщо вони мають глухі стіни, що стоять навпроти, або стіни з отворами, перекритими протипожежними дверима, склоблоками або армованим склом з межею вогнестійкості не меншою 0,75 години.

Кіоски, рундуки, тимчасові будівлі мають розміщуватися на відстані не менше 10 м від інших будівель і споруд. Будівельні норми і правила можуть передбачати більший протипожежний розрив або допускати розміщення їх біля зовнішніх протипожежних стін без отворів.

Кіоски, інвентарні будови мобільного типу тощо допускається розміщувати групами, але не більше 10 в групі і площею не більше 800 м. Відстань між групами цих будов, а також від них до інших будівель і споруд слід приймати не меншою 15 м.

Протипожежні розриви між різними об'єктами не дозволяється використовувати для складування матеріалів, устаткування і пакувальної тари, а також стоянки транспортних засобів і установки індивідуальних гаражів. У межах протипожежних розривів, а також на відстані менше 15 м від будівель і споруд, не допускається розведення багать, спалювання відходів і тари. Не дозволяється складування горючої тари біля вікон торгових підприємств, житлових, адміністративних та інших будівель. Допускається тимчасове розміщення її на відстані не менше 15 м від зовнішніх стін з отворами.

Для обмеження розповсюдження вогню використовують протипожежні перешкоди:

- протипожежні стіни,
- перегородки і перекриття,
- протипожежні зони та ін.

Протипожежні стіни і перегородки бувають 1 і 2 типів. Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних стін 1 і 2 типів відповідно 2,5 і 0,75 годин, протипожежних перегородок 1 і 2 типів – 0,75 і 0,25 годин.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		73



цехи розташовані всередині підприємства, так як видають шум, що виникає при роботі верстатів та іншого обладнання. Найгучнішим цехом на цьому майданчику підприємства є ковальський цех, розташований в самій глибині підприємства, на кордоні підприємства і пустиря, так що шум, видаваний молотами і пресами при роботі не впливає на житловий масив мікрорайону. При проектуванні даного майданчика підприємства були передбачені всі необхідні магістралі та транспортні розв'язки, а саме є залізничні колії і автомобільні дороги, які мають зв'язок з магістралями міста для вивезення готової продукції з підприємства.

Цехи на підприємстві розташовані так що протягом 95% всього пір року дмуть північно-західні вітри (від житлового масиву до підприємства), а лише 5% в якомусь іншому напрямі. Дане розташування підприємства сприяє тому, що шумові та інші шкідливі фактори набагато меншою мірою впливають на жителів довколишнього району.

Також слід зазначити, що на підприємстві є санітарні та протипожежні розриви між цехами і адміністративним корпусом, що в разі виникнення загоряння одного з об'єктів запобігає (робить мінімально можливим) загоряння сусідніх об'єктів і дає час на прибуття пожежних для гасіння. Для гасіння пожеж біля цехів є пожежні крани і гідранти, а на стінах пожежні куточки, де знаходяться відро, ящик з піском, багри, сокири, лопати. Також в цехах і адміністративних приміщеннях є вогнегасники і плани евакуації на випадок пожежі, де показані аварійні виходи і все найкоротші шляхи до них. Кожен співробітник підприємства проходить інструктаж по пожежній охороні і техніці безпеки не рідше одного разу на рік.

Категорії пожежонебезпеки цехів різні - це і механоскладальні цехи - категорія Д, де ведуть обробку матеріалів в холодному стані і ковальський цех - категорія Г (виробляють обробку матеріалів в нагрітому стані). Також в механічних цехах є термічні ділянки, які також відносяться як і ковальський цех до категорії Г.

					<i>ТМ 17510065-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		75

Класифікація приміщень за ступенем пожежної небезпеки і вибухо-пожежо небезпеки.

Для правильного планування та успішного проведення заходів пожежної профілактики вагоме значення має оцінка об'єктів щодо їх вибухопожежонебезпечності. Умови виникнення та поширення пожежі в будівлях та приміщеннях залежать від кількості та пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що в них знаходяться (використовуються), а також особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв. За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення та будівлі відповідно до норм технологічного проектування (ОНТП 24-86) поділяються на п'ять категорій; А, Б, В, Г, Д.

#### Категорія А

(Вибухопожежонебезпечна) - приміщення (будівлі), у яких знаходяться горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро-і газоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа, а також речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

#### Категорія Б

(Вибухопожежонебезпечна) - це приміщення (будівлі), в яких знаходяться горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху понад 28 °С та горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило- або пароповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

#### Категорія В

(Пожежонебезпечна) - це приміщення (будівлі), в яких знаходяться горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали,

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти, за умови, що вони не належать до категорій А чи Б.

#### Категорія Г

Це приміщення (будівлі), в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі газы, рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

#### Категорія Д

Це приміщення (будівлі), в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

#### Класифікація вибухо- та пожежонебезпечних приміщень (зон)

Основним заходом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний його вибір і експлуатація, особливо у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях (зонах). Відповідно до ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок" вибухонебезпечні та пожежонебезпечні зони поділяються відповідно на шість (0,1, 2, 20, 21, 22) та чотири (П-I, П-II, П-IIa, П-III) класи.

#### Вибухонебезпечна зона

Вибухонебезпечна зона - це простір у приміщенні або навколо зовнішньої установки, в якому присутнє вибухонебезпечне середовище або воно може утворитися внаслідок природних чи виробничих чинників у такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Газо- та пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1,2, а пилоповітряні - вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0.

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77

Простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Зона такого класу може мати місце тільки в межах корпусів технологічного обладнання.

#### Вибухонебезпечна зона класу 1

Простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (тут і далі нормальна робота - ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

#### Вибухонебезпечна зона класу 2

Простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго.

#### Вибухонебезпечна зона класу 20

Простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, та (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Звичайно це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

#### Вибухонебезпечна зона класу 21

Простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

#### Вибухонебезпечна зона класу 22

Простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Ця зона може

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		78

включати простір поблизу обладнання, що утримує пил, який може вивільнитися шляхом витоку й формувати пилові утворення.

Пожежонебезпечна зона - це простір у приміщенні або за його межами, в якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціалізованих заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

#### Пожежонебезпечна зона класу П-I

Простір у приміщенні, в якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху понад 61 °С.

#### Пожежонебезпечна зона класу П-II

Простір у приміщенні, в якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

#### Пожежонебезпечна зона класу П-IIIa

Простір у приміщенні, в якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

#### Пожежонебезпечна зона класу П-III

Простір поза приміщенням, у якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалаху понад 61 °С або тверді горючі речовини.

У вибухонебезпечних зонах та в зовнішніх установках слід використовувати вибухозахищене обладнання, виготовлене згідно з ГОСТом 12.2.020-76. Проводи у вибухонебезпечних приміщеннях мають прокладатися у металевих трубах. Може використовуватися броньований кабель. Світильники у таких зонах повинні мати вибухозахищене виконання.

Чим вищий рівень вибухопожежонебезпеки приміщення (зони), тим більш жорстких вимог там необхідно дотримуватись. Тому працівників слід інформувати про категорію вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення,

					ТМ 17510065-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		79

а також про клас вибухонебезпечної або пожежонебезпечної зони. Для цього використовують відповідні позначення у вигляді табличок.

Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні для всіх будівель та приміщень виробничого, складського призначення і лабораторій повинна бути визначена категорія щодо вибухопожежної та пожежної небезпеки за ОНТП 24-86, а також клас зони за ДНАОП 0.00-1.32-01, у тому числі для зовнішніх виробничих і складських ділянок, які слід позначати на вхідних дверях до приміщень, а також на межах зон усередині приміщень та ззовні.

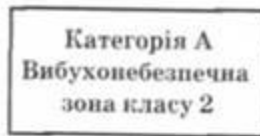


Рисунок Г.1 - Приклад таблички з позначенням категорії приміщення за ОНТП 24-86 та класу вибухонебезпечної зони за ДНАОП 0.00-1.32-01