

**Державний вищий навчальний заклад**

**«Сумський державний університет»**

Технічних систем та енергоефективних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

перший (бакалаврський)

(освітній рівень)

на тему: Проектування технологічного процесу

виготовлення валу А04.01.11

Виконав: студент IV курсу, групи *ТМ-61К*

напряму підготовки (спеціальності)

131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Мисник О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Приходько О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О.Залога

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

**ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ А04.01.011**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Мисник О.М.

Керівник

Приходько О.М.

Нормоконтроль

Динник О.Д.

**Форма № Н-9.01**

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	<u>Технічних систем та енергоефективних технологій</u>
Кафедра	<u>Технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітній рівень	<u>перший (бакалаврський)</u>
Напрямок підготовки	<u>131 – Прикладна механіка (Технології машинобудування)</u>
Спеціальність	<u>(шифр і назва)</u>
	<u>(шифр і назва)</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ В.О.Залога  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

***Мисник Олександр Миколайович***

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного  
процесу виготовлення валу А04.01.011

керівник проекту Приходько О.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від « 15 » січня 2020 року №07-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « 11 » червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту(роботи)

Креслення деталі «Вал А04.01.011»

Річний обсяг випуску деталей – 5000 шт.

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі</i>		
2	<i>Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>		
3	<i>Визначення типу виробництва та форми його організації</i>		
4	<i>Аналіз технологічності конструкції деталі</i>		
5	<i>Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>		
6	<i>Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>		
7	<i>Проектування верстатного пристрою</i>		
8	<i>Оформлення графічної частини роботи</i>		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мисник О.М.

(прізвище та ініціали)

Приходько О.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Записка: 71 с., 14 табл., 15 рис., 68 формул, 12 літературних джерел

Об'єкт дослідження – вал А04.01.011

Мета роботи – аналіз технологічного процесу виготовлення валу

В даній роботі проаналізовані: службове призначення виробу, вузла та деталі, технологічні вимоги, що пред'являються до деталі, обґрунтований тип виробництва та спосіб отримання заготовки.

В роботі під час аналізу існуючого технологічного процесу механічної обробки валу проаналізовані дві операції, а саме: фрезерно-центрувальна та шпонково-фрезерна. При цьому обґрунтуванні: вибір схеми базування і закріплення заготовки, обладнання та технологічного оснащення, розраховані режим різання і виконано нормування часу.

В графічній частині роботи представлено креслення деталі, заготовки, отриманої методом штампування та маршрутний технологічний процес виготовлення валу А04.01.011.

**ВАЛ, КОНВЕЄР, РЕДУКТОР, ПРИПУСКИ, СХЕМА БАЗУВАННЯ,  
СВЕРДЛО, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ФРЕЗА.**

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.	
Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації .....	7
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	10
3 Визначення типу та форми організації виробництва .....	13
4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	19
5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї.	21
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі .....	29
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	30
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	37
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	42
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	44
6.5 Розрахунки режимів різання .....	45
6.6 Технічне нормування операцій.....	57
7 Проектування верстатного пристрою для установа і закріплення заготовки.....	61
Висновок.....	69
Список використаних джерел .....	70
Додаток А	
Додаток Б	

					ТМ 18090040-00 ПЗ		
		№ докум.	Підпис				
Розробив	Мисник О М			Проектування технологічного процесу виготовлення валу А04.01.011	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Приходько О.М.				4	67	
Реценз.					КІСумДУ, ТМ-61к		
Н. Контр.	Линник О.Л.						
Затв.	Залога В.О						

## ВСТУП

Машинобудування – одна з ведучих галузей промисловості нашої країни. Вона виробляє машини, обладнання, апарати та прилади, а також продукцію оборонного значення.

Науково-технічний прогрес в машинобудуванні в значній мірі визначає розвиток та удосконалення всього народного господарства країни. Важливими умовами прискорення науково-технічного прогресу є ріст продуктивності праці, підвищення ефективності суспільного виробництва та покращення якості виробництва.

Удосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першочергове значення. Якість машин, надійність, довголіття та економічність при експлуатації залежить не тільки від удосконалення їх конструкції, але й від технології виробництва. Застосування прогресивних високоефективних методів обробки забезпечує високу точність та якість поверхонь деталей машин, ефективне використання сучасних автоматичних та потокових ліній електричних обчислюваних машин та іншої нової техніки.

Важливою задачею машинобудування – є зміна структури виробництва з метою підвищення якості характеристик машин та обладнання. Особливе значення надається модернізації самого машинобудування, технічний рівень якого залежить від верстатобудування, приладобудування, електроніки.

Рівень розвитку машинобудівної галузі будь-якої країни визначає стан всіх інших галузей промисловості та всього економічного стану держави. Немає жодної сфери життєдіяльності людини, де не використовувалась би продукція машинобудування. Телевізор, магнітофон, холодильник, автомобіль, літак тощо, всі ці вироби виготовлені машинами або з їх використанням. Праця керівників теж потребує машин (комп'ютери, автоматизовані робочі місця).

Забезпечуючи машинами інші галузі господарства, машинобудування

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

сприяє науково-технічному прогресу, полегшує працю людини, покращує її умови.

В умовах швидкого росту машинобудування це дає реальну базу під технічне переозброєння виробничої бази країни у відповідності з сучасними вимогами політики України налічує біля 1000 підприємств, в яких зайнято понад мільйона чоловік. Машинобудівний і військово-промисловий комплекс України має також значний потенціал, до складу якого входять сотні науково-дослідних установ, де працюють понад 100 тисяч чоловік.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		6



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

Задана деталь «Вал А04.01.011» входить до складу транспортера стрічкового вертикального зі скребками, що показаний на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Транспортер стрічковий вертикальний

Транспортер стрічковий вертикальний – пристрій безперервної дії, який об'єднаний з тяговим органом за допомогою замкнутої стрічки. Стрічка приводиться у рух силою тертя між нею та приводним барабаном, опирається по всій довжині на стаціонарні опорні ролики.

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

Вал входить до складу редуктора з метою передачі крутного моменту. Характерні особливості одноступінчатих циліндричних редукторів виробництва польської компанії «ЗМ»:

- допустиме радіальне консольне навантаження на тихохідному валу - від 8100 до 70000 Н;
- номінальний крутний момент на тихохідному валу - від 580 до 40500 Н м;
- частота обертання вхідного валу - від 700 до 1800 об / хв;
- коефіцієнт корисної дії (ККД) - від 91% до 94%;

На рисунку 1.2 зображений ескіз редуктора.

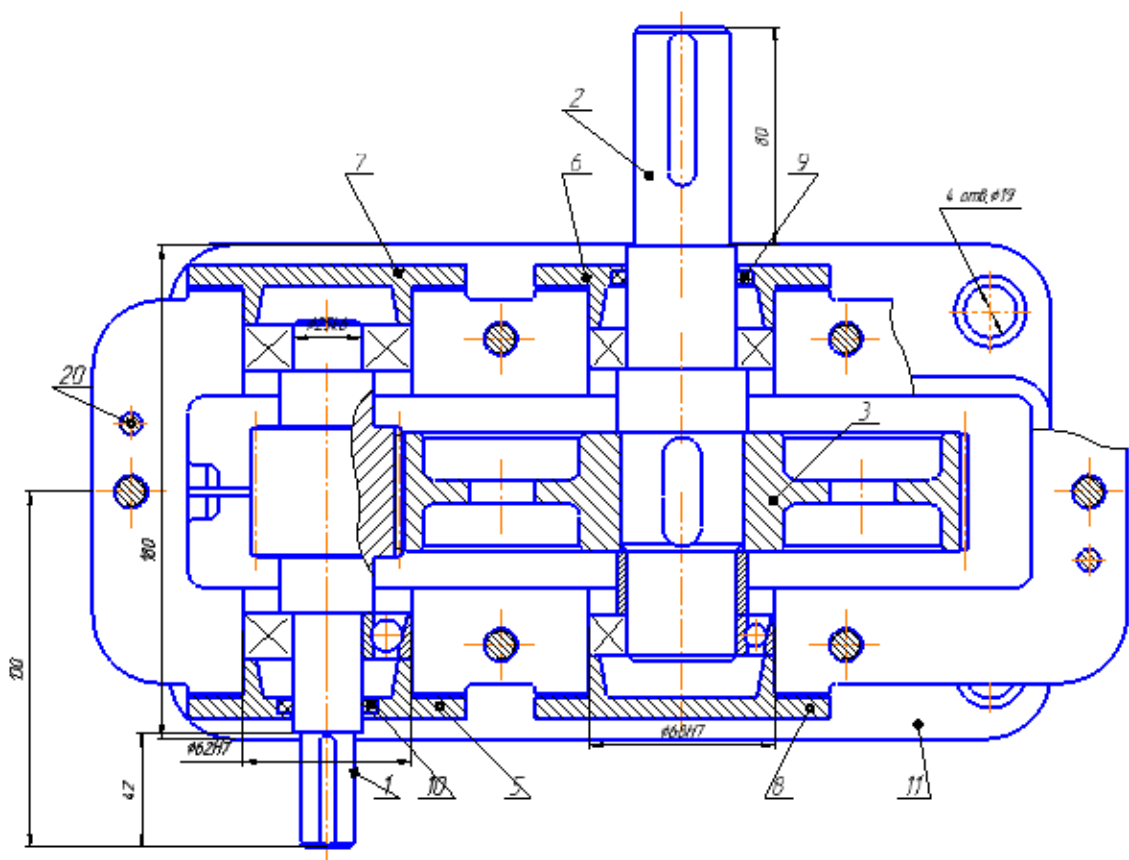


Рисунок 1.2 – Ескіз редуктора

Шестерня 3, призначена для передачі крутного моменту від привідного валу 2 до веденого 1. Ведений вал 1 – на нього встановлюється підшипники, за допомогою яких він може вільно обертатися. Підшипники в свою чергу встановлюються в корпусі редуктора 11, притискаючись кришками

6 та 8 для запобігання осьового зміщення валу. Для запобігання потрапляння бруду до підшипників встановлюється ущільнююче кільце 9, що встановлюється в кришці 6.

Проаналізуємо поверхні деталі, рисунок 1.3

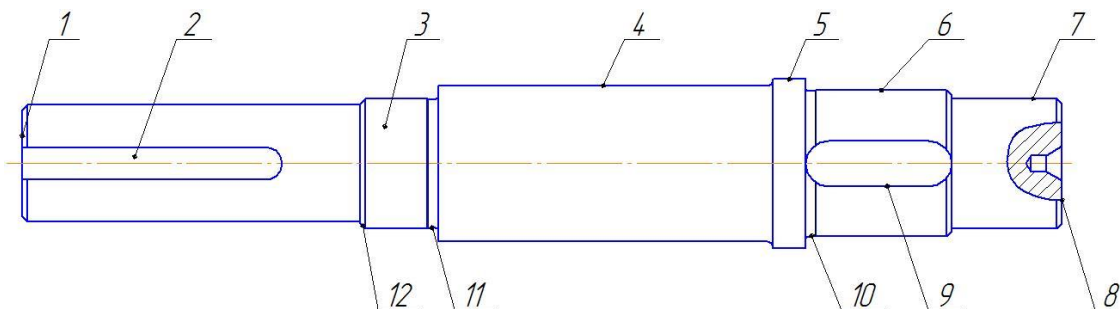


Рисунок 1.3 – Поверхні валу

Основна поверхня, до неї відносяться основні робочі поверхні за допомогою яких визначається положення деталі у виробі – це поверхні 3 та 7;

Допоміжна поверхня, визначає положення деталей, що приєднуються відносно даної – це поверхні 4 та 5;

Виконавча поверхня, яка вказує службове призначення даного виробу – поверхня 6;

Вільні поверхні, не торкаються поверхонь інших деталей, та призначені для з'єднання основних, допоміжних та виконавчих поверхонь між собою – 1, 2, 4, 8, 9, 11, 12.

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

ТМ 16090064-00 ПЗ

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Вал має просту геометричну форму, яка дозволяє застосувати високопродуктивний метод отримання заготовки відцентровим литтям. Деталь дозволяє використати новітні методи обробки, а саме: точіння на верстаті з ЧПК. Забезпечення необхідної точності розмірів, точності взаємного положення поверхонь не викликає технологічних труднощів та можуть бути виконані на верстатах нормальної точності.

Загалом вимоги щодо точності та якості поверхонь деталі не дуже високі, однак є декілька поверхонь, до яких ставляться підвищені вимоги.

До заданої деталі висуваються наступні вимоги:

- а) точність циліндричних поверхонь  $\varnothing 36$ ,  $\varnothing 40$ ,  $\varnothing 45$  не гірше 6-го квалітету точності,  $\varnothing 52$  та  $\varnothing 48$  не гірше 14-го квалітету точності;
- б) шорсткість циліндричних поверхонь не гірше  $Ra=0,63$  мкм;
- в) допуск радіального биття поверхонь  $\varnothing 35k6$ ,  $\varnothing 40g6$  і  $\varnothing 45s6$  відносно осі не більше 0,005 мм.

Згідно з технічними вимогами інші розміри та поверхні повинні бути виконані не гірше 14-го квалітету.

Потрібно зауважити, що більшість зазначених відхилень на розмір, точність форми та точність розташування не відповідають стандартним значенням, але це не впливає на точність виготовлення самої деталі.

Проаналізувавши робоче креслення деталі «Вал А04.01.011» можна зробити висновок, що креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Їх розташування відповідає вимогам ГОСТ 2.305-2008 «Зображення – види, розміри, перерізи».

Розміри, граничні відхилення, шорсткість та допуски форми та розташування всіх поверхонь проставлені згідно вимог ГОСТ 2.307-2011 «Нанесення розмірів і граничних відхилень», ГОСТ 2.309-73 «Позначення шорсткості поверхонь», ГОСТ 2.308-2011 «Позначення допусків форми та

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розташування поверхонь», що дає змогу виготовити задану деталь потрібної точності відповідно до її службового призначення.

Надані технічні вимоги на виготовлення деталі, їх нанесення відповідає ГОСТ 2.316-2008 «Правила нанесення написів, технічних вимог і таблиць на графічних документа». Дотриманий порядок заповнення основного напису згідно вимог ГОСТ 2.104-2006 «Основні написи».

Креслення виконане за допомогою графічного редактора «Компас-3D» і відповідає вимогам ГОСТ 2.052-2006 «Електронна модель виробу. Основні вимоги». Отже, креслення виконане згідно вимог ЄСКД за ГОСТ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень».

Вибір матеріалу валу залежить від призначення передачі та умов її роботи. Сталь 45 ГОСТ 1050-88 призначається для виготовлення осей, валів, плунжерів, штоків, колінчастих і кулачкових валів, а також кільця, шпинделі, рейки, зубчасті вінці, зубчасті колеса, болти, піввісь, втулки і інші деталі підвищеної міцності. Хімічний склад Сталі 45 наведено в таблиці 2.1, а основні механічні властивості в таблиці 2.2 [10]

Таблиця 2.1 - Хімічний склад Сталі 45

Масова частка елемента, %							
C	Si	Mn	As	Ni	Cu	S	P
				Не більше			
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,08	0,25	0,25	0,04	0,035

Таблиця 2.2 - Механічні властивості в залежності від перетину

$\sigma_0$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	НВ
590	24	25	137

Сталь 45 придатна до відпуску. Завдяки великій міцності та має властивість гарної прогартовуваності, тому саме цю сталь використовують для виготовлення колінчастих валів, зубчастих коліс, осей. Недоліком сталі є схильність до відпускнуї крихкості другого роду.

Оскільки деталь – тіло обертання, то більшість операцій по обробці із зняттям стружки можна виконати на токарних верстатах.

Після попередньої механічної обробки проводять термообробку для зняття внутрішніх напружень по режиму: нагрівання в печі від температури 150°C до 580°-600°C, зі швидкістю не більше 100°C/год, витримка 3 години, охолодження в печі до 200°C зі швидкістю не більше 75°C/год, далі на повітрі, щоб досягти заданої твердості матеріалу HB 229...245

Беручи до уваги конструкцію деталі, технічні вимоги та службове призначення робимо висновок, що дана деталь працює в умовах знакозмінних навантажень, та не піддається дії агресивних середовищ. Матеріал деталі задовольняє всім висунутим вимогам та забезпечує нормальну працездатність деталі у вузлі. Всі вимоги обумовленні функціональним призначенням деталі і невиконання їх при виготовленні знизить надійність роботи виробу і ККД при його експлуатації.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$ , який показує відношення всіх різних технологічних операцій виконуваних або підлягаючих виконанню підрозділом протягом місяця до числа робочих місць [8].

$$m_p = \frac{N_{рiч} \cdot T_{шт-к}}{60 \times F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}} \quad (3.1)$$

де  $N_{рiч}$  – річна програма випуску деталей, 5000 шт;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання,  $F_d = 4029$  год;

$\eta_{з.н.ср.}$  – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Таблиця 3.1 – Обґрунтування типу виробництва

№ операції	Операція	$T_{шт}$	$m_p$	P	$n_{зф}$	O
005	Фрезерно-центрувальна	0,62	0,002	1	0,002	38
010	Токарна	5,5	0,15	1	0,15	6
015	Шпоночно-фрезерна	2,94	0,008	1	0,008	94
020	Шпоночно-фрезерна	4,14	0,11	1	0,11	7
025	Круглошліфувальна	4,2	0,11	1	0,11	7
	Разом	-	-	5	-	152

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

ТМ 16090064-00 ПЗ

Арк.

13

Маючи штучний час по кожній операції визначаємо кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{N \times T_{um}}{60 \times F\partial \times n_3}, \quad (3.2)$$

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

$T_{um}$  - норма штучного часу, хв.;

$F\partial$  - дійсний річний фонд часу, год.;

$n_p$  - нормативний коефіцієнт завантаження

$$m_{p005} = \frac{5000 \times 0,62}{60 \times 4029 \times 0,75} = 0,002$$

Приймаємо  $P=1$  верстат. Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження:

$$n_{зф} = \frac{m_p}{P} \quad (3.3)$$

$$n_{з.ф.005} = \frac{0,07}{1} = 0,02$$

Кількість операцій, які виконуються на робочому місці визначаємо по формулі:

$$O = \frac{n_{з.н.}}{n_{з.ф.}}, \quad (3.4)$$

$$O = \frac{0,75}{0,002} = 38 \text{ шт}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14



Аналогічні розрахунки виконуємо для решти операцій, результати заносимо до таблиці 4.1

$$\sum O_i = 38+6+94+7+7=152$$

$$\sum P_i = 1+1+1+1+1=5$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{30} = \frac{152}{5} = 30,4$$

Тип виробництва дрібносерійний, так як виконується умова  $30 < K_{3.0} < 40$ ,  $K_{3.0}=30,4$ .

Всі подальші розрахунки будемо виконувати для умов дрібносерійного виробництва. Дрібносерійний тип виробництва характеризується вузькою номенклатурою виробів, які випускаються у невеликій кількості. Використовуються спеціальні і спеціалізовані верстати, які встановлюються по ходу технологічного процесу.

Пристрій та інструмент може застосовуватись як спеціальний, так і універсальний.

Визначення форми організації виробництва.

Добовий випуск деталей:

$$N_{\text{доб.}} = \frac{N_{\text{річ}}}{C} \quad (3.5)$$

де  $C$  – кількість робочих днів у році,  $C=254$  дня

$$N_{\text{доб.}} = \frac{2000}{254} = 8 \text{ шт/день}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання:

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot F_d}{254} \quad (3.6)$$

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

$$F_{\text{доб.}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Середня трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\Sigma T_{\text{шт-к}}}{n} \quad (3.7)$$

де  $n$  – число механічних операцій,  $n=5$ ;

$$T_{\text{ср.}} = \frac{17,4}{5} = 3,48 \text{ хв.}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{ср.}}} \cdot 0,6 \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{952}{17,4} \cdot 0,6 = 33 \text{ шт.}$$

При порівнянні  $N_{\text{доб.}}=33 < Q_{\text{доб.}} = 60$  бачимо, що добовий випуск деталей менше добової потужності потокової лінії при її завантаженні на 60%, тобто використання одно номенклатурної потокової лінії нерационально, тому приймаємо групову форму організації праці.

Кількість деталей у партії

$$n = \frac{(N_{\text{річ}} \cdot a)}{254} \quad (3.9)$$

де  $a = 10$  – періодичність запуску в днях.

$$n = \frac{5000 \cdot 10}{254} = 197$$

Приймаємо 197 шт.

					<i>TM 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

## Коротка характеристика визначеного типу виробництва

Дрібносерійний тип виробництва характеризується виготовленням виробів не великими серіями обмеженої номенклатури, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, порівняно невеликими обсягами. Партії повторюються з відомою регулярністю за періодом запуску і кількістю виробів у партії. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії цілком як в обробці деталей, так і в збиранні. Річна номенклатура ширша за номенклатуру випуску в кожному місяці. За робочими місцями закріплено більш вузьку номенклатуру операцій,  $K_{з.о} = 30 - 40$  операцій.

Верстати застосовуються різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегатні, інколи з ЧПК. Верстатний парк повинен бути спеціалізований в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва інших, що трохи відрізняються від першої в конструктивному відношенні.

Значна частина устаткування складається з універсальних верстатів, оснащених як спеціальними, так і універсально-налагоджувальними і універсально-збірними пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і здешевити виробництво.

Для переходу до обробки партії інших деталей переналагоджують устаткування і технологічне оснащення (пристосування й інструмент).

Поряд з універсальними можуть застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, спеціалізований і спеціальний різальний інструмент, вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Все це устаткування та оснащення в серійному виробництві можна застосовуватися досить широко, тому що при повторюваності процесів виготовлення тих самих деталей зазначені засоби виробництва дають техніко-економічний ефект.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

Дрібновиробництво більш економічне, ніж одиничне, тому що ефективніше використання устаткування, спеціалізація робітників, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

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

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Досягнення максимальної технологічності деталі та виробу в цілому дозволяє підвищити продуктивність праці, знизити затрати, скоротити час на виготовлення, але при цьому забезпечити відповідну якість та точність.

Якісне оцінювання полягає у перевірці відповідності конструкції деталі вимогам, які забезпечують її технологічність під час отримання заготовки, механічної обробки та складання виробу. Якісне оцінювання ґрунтується на інженерно-візуальних методах і визначається на основі досвіду виконавця такими показниками: добре – погано, припустимо – неприпустимо тощо [8].

До якісних показників відносяться: конструкція деталі, матеріал деталі, спосіб отримання заготовки, установка на верстаті (базування та закріплення), розташування розмірів, допусків форми та розташування поверхонь, геометрична форма, можливість використання прогресивних способів обробки поверхонь тощо.

Деталь – вал – виготовлена з вуглецевої сталі 45 і проходить термічну обробку, під час якої можуть з'явитися викривлення та інші дефекти при нагріванні і охолодженні деталі. Оскільки деталь – тіло обертання, то більшість операцій по обробці із зняттям стружки можна виконати на токарних верстатах.

Циліндрична форма деталі говорить про її технологічність при здобутті заготовки, обробці, контролі. Зовнішня поверхня є сполученням прямих ліній і дуг кіл простої конфігурації.

Дана деталь відноситься до класу «валів». Деталь має досить складну геометричну форму і складається з таких конструктивних елементів: зовнішні циліндричні поверхні:  $\varnothing 36$ ,  $\varnothing 40$ ,  $\varnothing 45$ ,  $\varnothing 52$  та  $\varnothing 48$ ; 4 фаски:  $1,5 \times 45^\circ$ ; шпонкові пази:  $5 \times 10 \times 80$  та  $6 \times 10 \times 45$

На кресленні проставлені всі необхідні розміри. Найточнішими поверхнями є зовнішні циліндричні поверхня  $\varnothing 36$ ,  $\varnothing 40$ ,  $\varnothing 45$  6-му квалітету точності, яка використовується для посадки підшипників.

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ 16090064-00 ПЗ					

Дану деталь можна вважати технологічною, її можна обробляти всіма видами лезвійного інструменту на існуючому обладнанні, важкодоступних поверхонь немає.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Для вибору раціонального методу одержання заготовки виконуємо економічне порівняння собівартості двох варіантів: перший – заготовка одержана методом прокату; другий – методом штамповки.

Розраховуємо припуски заготовки для заданої деталі (прокат). Дані заносимо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Заготовка прокат

Розмір деталі	Клас точності	Шорсткість	Припуск [2], с.584, табл.3.	Допуск [3], с.169, табл.62	Розмір заготовки
Ø52	8	6,3	2×2,0	+0,4 -0,7	Ø56 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,7</sub>
320	8	6,3	2×2,0	+0,8 -0,2	324 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,2</sub>

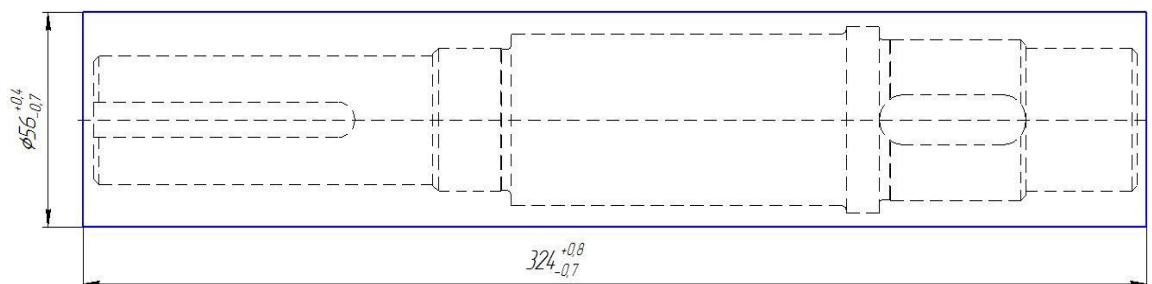


Рисунок 5.1 – Прокат

Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$m_z = V_{заг} \times \gamma, \text{ кг} \quad (5.1)$$

де  $V_{заг}$  - загальний об'єм, який складається з простих фігур;

$\gamma$  - густина сталі;  $\gamma = 7,8 \times 10^{-6}$  кг мм<sup>3</sup>

$$V_{заг} = \frac{\pi D^2}{4} \times l, \text{ мм}^3 \quad (5.2)$$

$$V_{заг} = \frac{3,14 \times 56^2}{4} \times 324 = 797610,24 \text{ мм}^3$$

$$m = 797610,24 \times 7,8 \times 10^{-6} = 6,22 \text{ кг}$$

Визначаємо вартість заготовки: [1] с.30

$$S_{заг} = M + \Sigma Co.z.; \text{ грн} \quad (5.3)$$

де M - затрати на матеріал заготовки;

$\Sigma Co.z.$  - технологічна собівартість операцій правки, калібрування, розрізання їх на штучні заготовки.

$$Co.z = \frac{Cn.z. \times T_{шт}}{60 \times 100}; \text{ грн} \quad (5.4)$$

де Cn.z. - приведені затрати на робочому місці;

T<sub>шт</sub> - штучний час виконання заготівельної операції.

Відрізання заготовки пилами діаметром до 140 мм - 1210 коп./год.,  
фрезерно-центрувальна - 2500 коп./год.

Витрати на матеріал, визначають по масі прокату, який необхідний для виготовлення деталі:

											Арк.
											22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат							

ТМ 16090064-00 ПЗ



$$M = Q \times S - (Q - q) \times \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де Q - маса заготовки, Q = 6,22 кг;

q – маса деталі, q = 3,8 кг;

S – ціна одного кілограма матеріалу, S = 3600 грн;

S<sub>відх</sub> - ціна однієї тони відходів, S<sub>відх</sub> = 281 грн.

Відрізка :

$$T_o = 0,19 \times D^2, \text{ хв} \quad (5.6)$$

де D - діаметр заготовки, мм;

$$T_o = 0,19 \times 56^2 = 513,76 \times 10^{-3} = 0,596 \text{ хв};$$

$$T_{\text{шт}} = \varphi_k \times T_o, \text{ хв} \quad (5.7)$$

де  $\varphi_k$  - коефіцієнт, який залежить від обладнання та виду виробництва;

T<sub>o</sub> – основний час на обробку деталі, хв.;

$$T_{\text{шт}} = 1,51 \times 0,596 = 0,9 \text{ хв}$$

$$C_{o.з_1} = \frac{1210 \times 0,9}{60 \times 100} = 0,18 \text{ грн.};$$

Центрування

$$T_o = 0,52 \times d \times l, \text{ хв} \quad (5.8)$$

де d- діаметр отвору, мм;

l- довжина отвору, мм

$$T_o = 0,52 \times 4 \times 5 = 10,4 \times 10^{-3} \text{ хв.};$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

$$T_{шт} = \varphi_k \times T_o, \text{ хв} \quad (5.9)$$

$$T_{шт} = 1,3 \times 10,4 \times 10^{-3} = 0,01352 \text{ хв.}$$

$$Co.3_2 = \frac{2500 \times 0,01352}{60 \times 100} = 0,0056 \text{ грн.};$$

Визначаємо загальну технологічну собівартість операцій правки, калібрування, розрізання їх на штучні заготовки.

$$Co.з = Co.з_1 + Co.з_2, \text{ грн} \quad (5.10)$$

$$Co.з = 0,18 + 0,0056 = 0,1856 \text{ грн}$$

Визначаємо затрати на матеріал заготовки:

$$M = \frac{6,22 \times 3600}{1000} - (6,22 - 3,8) \times \frac{281}{1000} = 21,72 \text{ грн}$$

$$S_{заг} = 21,72 + 0,1856 = 21,91 \text{ грн}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{M_q}{M_3}, \quad (5.11)$$

$$K_{вм} = \frac{3,8}{6,22} = 0,62$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

Розраховуємо припуски заготовки для заданої деталі (штампівка). Дані заносимо в таблицю.

Таблиця 5.2 – Розрахунок припусків заготовки (штампівка)

Розмір деталі	Клас точності	Шорсткість	Припуск [4], с.149 табл.12	Допуск [4], с.32 табл.3.5	Розмір заготовки
1	2	3	4	5	6
Ø36k6	6	0,63	2×2,0	+2,1 -1,1	Ø 40 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>
Ø40g6	6	1,25	2×2,0	+2,1 -1,1	Ø 44 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>
Ø45s6	6	0,63	2×2,0	+2,1 -1,1	Ø 49 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>
Ø48	14	6,3	2×2,0	+2,5 -1,5	Ø 52 <sup>+2,5</sup> <sub>-1,5</sub>
Ø52	14	6,3	2×2,0	+2,5 -1,5	Ø 56 <sup>+2,5</sup> <sub>-1,5</sub>
320	14	6,3	2×2,0	+1,0 -0,4	324 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,4</sub>
10	14	1,6	2×2,0	+0,9 -0,4	14 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,4</sub>
34	14	6,3	2×2,0	+0,9 -0,4	38 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,4</sub>
45	14	6,3	2×2,2	+1,0 -0,4	49,4 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,4</sub>
24	14	6,3	2×2,0	+0,9 -0,4	28 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,4</sub>
104	14	6,3	2×2,2	+1,0 -0,4	108,4 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,4</sub>

Виконуємо ескіз заготовки, одержаної методом штампування

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

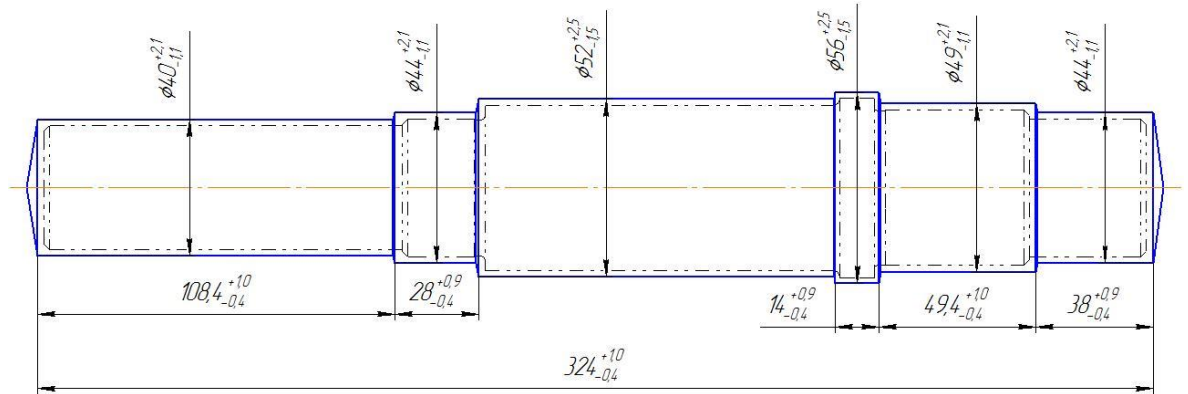


Рисунок 5.2 – Штамповка

Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$m_z = V_{заг} \times \gamma, \text{ кг} \quad (5.12)$$

де  $V_{заг}$  - загальний об'єм, який складається з простих фігур, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  - густина сталі;  $\gamma = 7,8 \times 10^{-6}$  кг×мм<sup>3</sup>

$$V_{заг} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6, \text{ мм}^3 \quad (5.13)$$

$$V_n = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \times l_n$$

$$V_1 = \frac{3,14 \times 40^2}{4} \times 108,4 = 136150,4 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{3,14 \times 44^2}{4} \times 28 = 42553,28 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{3,14 \times 52^2}{4} \times 86,6 = 183820,62 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \frac{3,14 \times 56^2}{4} \times 14 = 34466,64 \text{ мм}^3$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

$$V_5 = \frac{3,14 \times 49^2}{4} \times 49,4 = 93108,38 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \frac{3,14 \times 44^2}{4} \times 38 = 57750,88 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{заг}} = 136150,4 + 42553,28 + 183820,62 + 34466,64 + 93108,38 + 57750,88 = 547850,2 \text{ мм}^3$$

$$m = 547850,2 \times 7,8 \times 10^{-6} = 4,27 \text{ кг}$$

Визначаємо вартість заготівки: [1] с.31

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_1}{1000} \times Q \times K_m \times K_c \times K_v \times K_M \times K_n \right) - (Q - q) \times \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{грн} \quad (5.14)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 тони заготівки, грн;  $C_i = 1850$  грн;

$S_{\text{відх}}$  – вартість 1 тони відходів, грн;  $S_{\text{відх}} = 281$  грн;

$K_m$  – коефіцієнт, що залежить від точності;  $K_m = 1,0$  [1] с.37

$K_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності  $K_c = 1,0$  [1] с.38

табл. 2.12;

$K_v$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу  $K_v = 2$  [1] с.38;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготівки,  $K_M = 1,13$  [1] с.37;

$K_n$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготівки,  $K_n = 1$ ; [1] с.38 табл. 2.13.

$Q$  – маса заготівки,  $Q = 4,27$  кг;

$q$  – маса деталі,  $q = 3,51$  кг;

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{1850}{1000} \times 1,0 \times 1,0 \times 2,0 \times 1,13 \times 1,0 \times 4,27 \right) - (4,27 - 3,8) \times \frac{281}{1000} = 17,72 \text{ грн}$$

						ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			27

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_q}{M_3}, \quad (5.15)$$

$$K_{\text{вм}} = \frac{3,8}{4,27} = 0,88$$

За економічними показниками доцільніше виготовляти заготовку методом штампування, так як при цьому методі витрачається менше матеріалу, і менша собівартість заготовки.

Визначаємо економічний ефект:

$$E_3 = (S_{\text{заг}2} - S_{\text{заг}1}) \times N, \text{ грн} \quad (5.16)$$

де  $S_{\text{заг}1}$ ,  $S_{\text{заг}2}$  - вартість зіставлених заготовок, грн.;

$N$  – обсяг виробництва деталей, шт.

$$E_3 = (21,91 - 17,72) \times 5000 = 20950 \text{ грн.}$$

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Розглянемо базовий технологічний процес виготовлення деталі «Вал», складений відповідно з виконанням технічних вимог для одержання даної деталі (табл. 6.1).

Маршрут обробки відповідає технологічному процесу обробки деталей даного типу.

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес

№ операції	Назва операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
000	Штампування			Прес
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати торці та свердлими центрові отвори	Пристосування спеціальне (установча та напрямна бази)	Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-71М
010	Токарна з ЧПК	Обробка згідно керуючої програми	Патрон трьохкулачковий (установча та напрямна бази )	Токарний верстат з ЧПК моделі 16К20Т1
015	Відпуск	Досягнення необхідних властивостей матеріалу		Піч
020	Шпонково-фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз	Пристосування спеціальне (установча та напрямна бази)	Шпонково-фрезерний верстат 6Д91
025	Шпонково-фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз	Пристосування спеціальне (установча та напрямна бази)	Шпонково-фрезерний верстат 6Д91
030	Круглошліфувальна	Шліфувати поверхні	Патрон трьохкулачковий (установча та напрямна бази )	Круглошліфувальний 3М151
035	Промивальна			Ванна
040	Технічний контроль			Стіл ВТК

Базовий технологічний процес вала складається з 5 механічних операцій: 1 фрезерно-центрувальної, 1 токарної з ЧПК, 2 шпонково-фрезерних, 1 круглошліфувальної, та термообробки (див. табл. 6.1). На всіх операціях технологічного процесу витримується принцип суміщення та постійності баз, також забезпечується потрібна точність розмірів деталей. На всіх операціях при закріпленні, заготовка позбавляється необхідної кількості ступенів вільності, що забезпечує обробку деталі з відповідною точністю

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Загальним припуском на обробку називається шар матеріалу, що видаляється з поверхні вихідної заготовки в процесі механічної обробки з ціллю отримання готової деталі [11].

Розраховуємо припуски на поверхню  $\varnothing 36$  к6.

Технологічна послідовність обробки поверхні:

Чорнове точіння;

чистове точіння;

шліфування.

Визначаємо елементи припуску, що відповідають заготівці табл. 4.3, с. 63 [1]  $R_z$  і  $T$  приймаємо для заготівки штамповка, для інших операцій ці величини визначаємо за таблицею 4.5, с.64 [1].

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Таблиця 6.2 – Розрахунок припусків на обробку та граничних розмірів по технологічним переходам

Методи обробки поверхні мм $\varnothing 36k6^{(+0,018}_{+0,002})$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Розміри по переходам		Граничні припуски	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon$				$d_{\min}$ , мм	$d_{\max}$ , мм	$2z_{\min}$ , мкм	$2z_{\max}$ , мкм
Заготівка	150	250	1008	-	-	39,8857	2400	39,89	42,29	-	-
Точіння: Чорнове	100	100	60,5	380	2954,5	36,9312	520	36,93	37,45	2960	4840
чистове	50	50	50,4	80	600,5	36,3307	130	36,33	36,46	600	990
шліфування	30	30	-	40	328,7	36,002	16	36,002	36,018	328	442
										3888	6272

Сумарне відхилення розташування штаповки визначають за формулою [1] с. 67:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ мкм} \quad (6.1)$$

де  $\rho_{зм}$  - величина зміщення заготівки на поверхні штампа, мкм;  
 $\rho_{зм} = 1000$  мкм, табл. 18 с.187 [3]

$\rho_{кор}$  - величина короблення, мкм.

$$\rho_{кор} = \Delta \times l, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де  $\Delta$  – питома кривизна заготівки мкм/мм;  $\Delta = 0,8$  мкм/мм, табл. 4.8, с.71 [1];

$l$  – середня довжина обробки деталі, мм;

$$l = \frac{l_D}{2}, \text{ мм} \quad (6.3)$$

де  $l_d$  – повна довжина деталі, мм;  $l_d = 320$  мм.

$$l = \frac{320}{2} = 160_{\text{мм}}$$

$$\rho_{\text{кор}} = 0,8 \times 160 = 128 \text{ мкм}$$

$$\rho_o = \sqrt{1000^2 + 128^2} = 1008_{\text{мкм}}$$

Для решти операцій величину просторових відхилень визначаємо за формулою с.73 [1]:

$$\rho_i = k_y \times \rho_o, \text{мкм} \quad (6.4)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми [1] с.73.

Для чорнового точіння  $k_y = 0,06$ ;

для чистового точіння  $k_y = 0,05$ ;

Величина остаточного сумарного розміщення заготовки, після виконання переходу визначається за формулою:

$$\rho_{\text{чор}} = 0,06 \times 1008 = 60,5 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 0,05 \times 1008 = 50,4 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибки під час установки і закріплення заготовки в процесі механічної обробки за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{мкм} \quad (6.5)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, мкм;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення заготовки, мкм, табл.4.10, с.76 [1]

При зміщенні технологічної і вимірювальної баз похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаємо похибку установки для закріплення деталі в пневматичному патроні:  
 для чорного точіння  $\varepsilon_3=380\text{мкм}$ ; для чистового точіння  $\varepsilon_3=80\text{мкм}$ ; для  
 шліфування  $\varepsilon_3=40\text{мкм}$ .

$$\varepsilon_{y_{\text{чор}}} = \sqrt{0^2 + 380^2} = 380\text{мкм}$$

$$\varepsilon_{y_{\text{чис}}} = \sqrt{0^2 + 80^2} = 80\text{мкм}$$

$$\varepsilon_{y_{\text{шліф}}} = \sqrt{0^2 + 40^2} = 40\text{мкм}$$

Величину розрахункового мінімального припуску на операцію (перехід)  
 визначаємо за наступною формулою , [1] с.62, табл.4.2:

$$2Z_{\min} = 2 \left[ (R_z + T)_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right] \cdot \text{мкм} \quad (6.6)$$

де  $R_{zi-1}$  - висота мікронерівностей, які залишаються після попередньої  
 операції або переходу, мкм;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, які залишаються після попередньої  
 операції або переходу, мкм;

$\rho_{i-1}$  - сумарне значення просторових відхилень, які залишаються після  
 попередньої операції або переходу, мкм;

$\varepsilon_{yi}$  - похибка установки заготовки в пристосуванні на даній операції,  
 мкм.

Розраховуємо мінімальний припуски:  
 шліфування

$$2Z_{\min} = 2 \times (50 + 50 + \sqrt{50,4^2 + 40^2}) = 328,7\text{мкм};$$

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

точіння чистове

$$2Z_{\min} = 2 \times (100 + 100 + \sqrt{60,5^2 + 80^2}) = 600,5 \text{ мкм};$$

точіння чорнове:

$$2Z_{\min} = 2 \times (150 + 200 + \sqrt{1008^2 + 380^2}) = 2954,5 \text{ мкм}$$

Розрахунки значення розрахункового розміру  $d_p$  починаємо з розміру після чистового точіння, який є мінімальним розміром деталі Верхнє відхилення  $es = +18 \text{ мкм}$ ; нижнє  $ei = +2 \text{ мкм}$ .

$$d_{\min} = D + ei, \text{ мм} \quad (6.7)$$

де  $D$  – номінальний діаметр

$$d_{\min} = 36 + 0,002 = 36,002 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметри інших переходів

$$d_{i+1} = d_i + 2Z_i, \text{ мм} \quad (6.8)$$

$$d_{\text{чист}} = 36,002 + 0,3287 = 36,3307 \text{ мм}$$

$$d_{\text{чор}} = 36,3307 + 0,6005 = 36,9312 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}} = 36,9312 + 2,9545 = 39,8857 \text{ мм}$$

Допуски на між операційні розміри для кожного переходу і заготовки визначаємо за стандартами.

Мінімальний граничний розмір знаходимо шляхом округлення розрахункового розміру до того знаку десяткового дробу, з яким заданий допуск на розмір для кожного технологічного переходу

Максимальний розмір знаходимо за формулою:

$$d_{\max} = d_{\min} + \delta, \text{ мм} \quad (6.9)$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

Для шліфування:

$$d_{\max} = 36,002 + 0,016 = 36,018 \text{ мм}$$

Для чистового точіння:

$$d_{\max} = 36,33 + 0,13 = 36,46 \text{ мм}$$

Для чорнового точіння:

$$d_{\max} = 36,93 + 0,52 = 37,45 \text{ мм}$$

Для заготівки:

$$d_{\max} = 39,89 + 2,4 = 42,29 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків визначаємо як різницю граничних розмірів попереднього і наступного переходів:

$$2Z_{\min} = d_{\min i-1} - d_{\min i, \text{МКМ}} \quad (6.10)$$

$$2Z_{\max} = d_{\max i-1} - d_{\max i, \text{МКМ}} \quad (6.11)$$

Чорнове точіння:

$$2Z_{\min} = 39,89 - 36,93 = 2,96 \text{ мм} = 2960 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 42,29 - 37,45 = 4,84 \text{ мм} = 4840 \text{ мкм}$$

Чистове точіння:

$$2Z_{\min} = 36,93 - 36,33 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 37,45 - 36,46 = 0,99 \text{ мм} = 990 \text{ мкм}$$

Шліфування:

$$2Z_{\min} = 36,33 - 36,002 = 0,328 \text{ мм} = 328 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 36,46 - 36,018 = 0,442 \text{ мм} = 442 \text{ мкм}$$

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ 16090064-00 ПЗ				

Визначаємо загальні припуски на обробку:

$$2Z_{заг}^{max} = 4840 + 990 + 442 = 6272 \text{ мкм};$$

$$2Z_{заг}^{min} = 2960 + 600 + 328 = 3888 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунку:  $6272 - 3888 = 2400 - 16 \text{ мкм}.$   
 $2384 = 2384 \text{ мкм}$

Розрахунок виконано вірно.

Номінальний розмір заготовки визначаємо за формулою:

$$d_{заг\ ном} = d_{ном\ дет} + Z_{о\ ном}, \text{ мм} \quad (6.12)$$

де  $Z_{о\ ном}$  – найбільший припуск

$$Z_{о\ ном} = Z_{о\ min} + H_3 - H_д, \text{ мкм} \quad (6.13)$$

де  $Z_{о\ min}$  – мінімальний загальний припуск, мкм;

$H_д$  – нижнє відхилення деталі, мкм;

$H_3$  - нижнє відхилення заготовки, мкм.

$$Z_{о\ ном} = 2960 + 1000 - 2 = 3958 \text{ мкм}$$

$$d_{заг\ ном} = 36 + 3,958 = 39,958 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d_{заг\ ном} = 40_{-0,8}^{+1,6} \text{ мм}$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

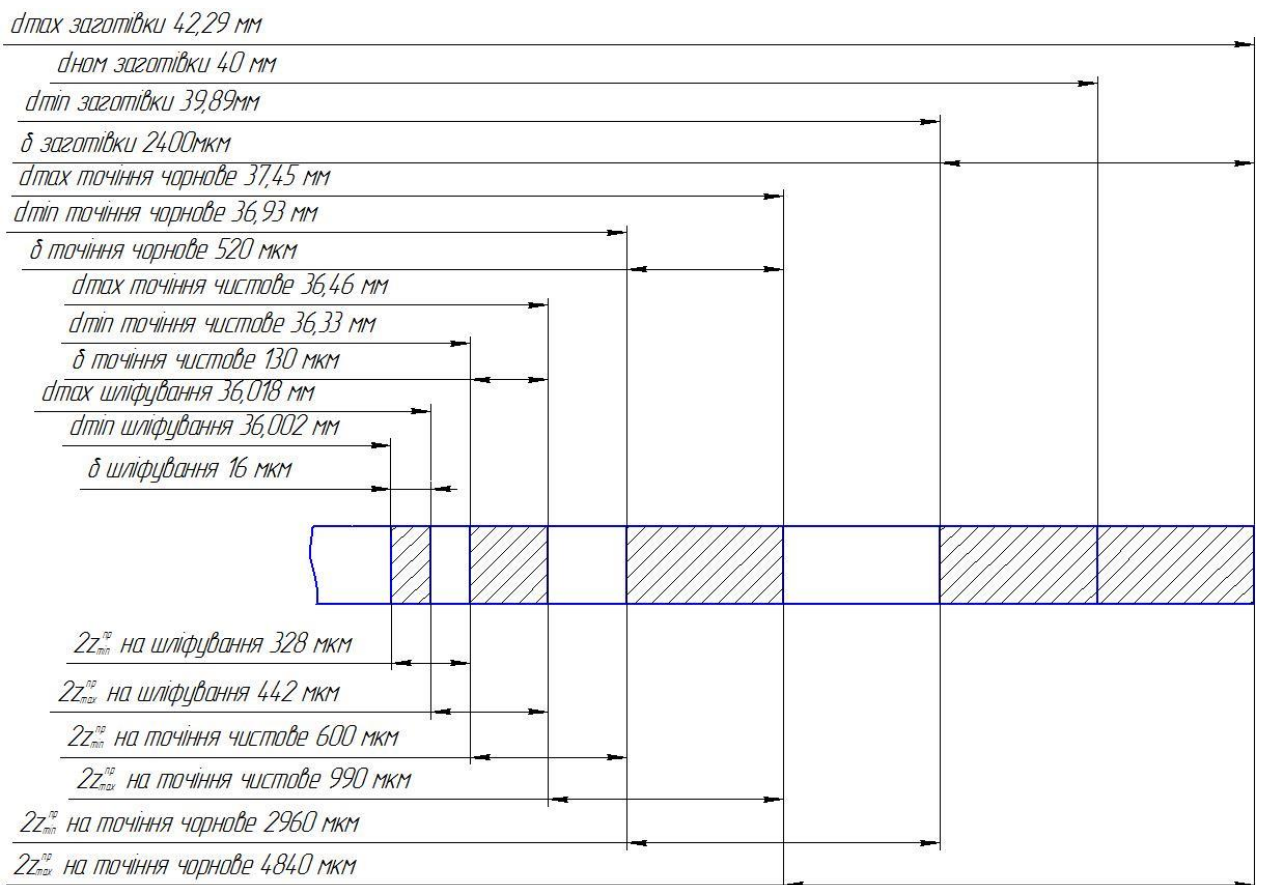


Рисунок 6.1 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку зовнішньої поверхні

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

### Операція 005 Фрезерно-центрувальна

На даній операції (рис. 6.2 ) фрезеруються торці, свердяться центрові отвори в наступній послідовності:

- установити, закріпити та зняти заготовку;
- фрезерувати торці;
- свердлувати центрові отвори.

Обробка проводиться на фрезерно-центрувальному верстаті МР-71М.

					Арк.
					37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ 16090064-00 ПЗ

Вибір схем базування і закріплення заготовки істотно впливає не тільки на точність і якість оброблених поверхонь, але і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технічного оснащення.

Обрана схема базування повинна передбачати як принцип сталості, так і принцип єдності технологічної, конструкторської і вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки та багато інструментальної обробки поверхонь.

Єдиний доступний спосіб закріплення заготовки на даній операції – пристроєм з двома самоцентруючими призмами. При даній схемі базування поверхня деталі є подвійною напрямною базою (рис. 6.2).

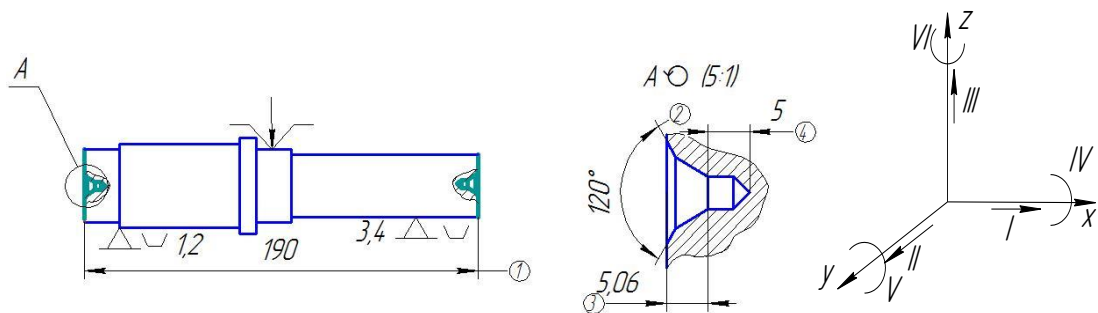


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на фрезерно-центрувальній операції

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	II, III,IV,VI	Подвійно-напрямна
5,6	I, V	Вакансія



Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійно- напрямна
$\alpha$	1	0	1	
L	1	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	1	0	

Проаналізувавши матриці можна стверджувати про те, що заготовка буде позбавлена чотирьох ступенів вільності.

Похибка базування буде відсутньою, оскільки, застосовуються самоцентруючі призми.

#### Операція 020 Шпонково-фрезерна

На даній операції фрезерується шпонковий паз в наступній послідовності:

- установити, закріпити та зняти заготовку;
- фрезерувати шпонковий паз;

Обробка на свердлильному верстаті з 6Д91.

Вибір схем базування і закріплення заготовки істотно впливає не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технічного оснащення.

Обрана схема базування повинна передбачати як принцип сталості, так і принцип єдності технологічної, конструкторської і вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки та багато інструментальної обробки поверхонь.

Перший спосіб закріплення – на призму з упором в торець. При даній схемі базування поверхня деталі є подвійною напрямною базою, а торець деталі – опорною.

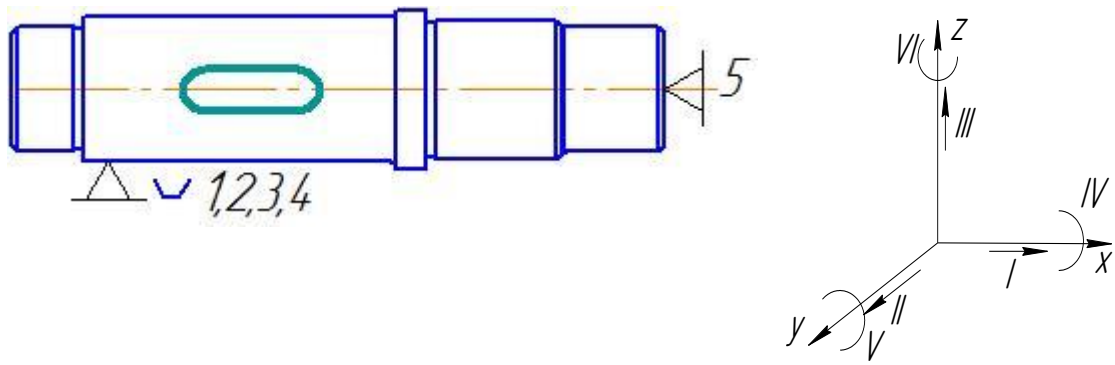


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки при фрезеруванні шпонкового пазу

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків приведені в табл. 6.5 і табл. 6.6

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	II, III,IV,VI	Подвійно-напрямна
5	I	Опорна
6	V	Вакансія

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійно-напрямна
$\alpha$	1	0	1	
L	1	0	0	Опорна
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	1	0	

Проаналізувавши матриці можна стверджувати про те, що заготовка буде позбавлена п'яти ступенів вільності,  $\Sigma=3+2=5$  ступенів

Похибка базування буде дорівнювати половині допуску на діаметр, по якому закріплюється деталь,  $\varepsilon = \delta_{\phi 45} = 0,051$  мм.

Розглянемо другий спосіб закріплення – в самоцентруючих лещатах. При даній схемі базування зовнішня поверхня деталі є подвійною напрямною базою

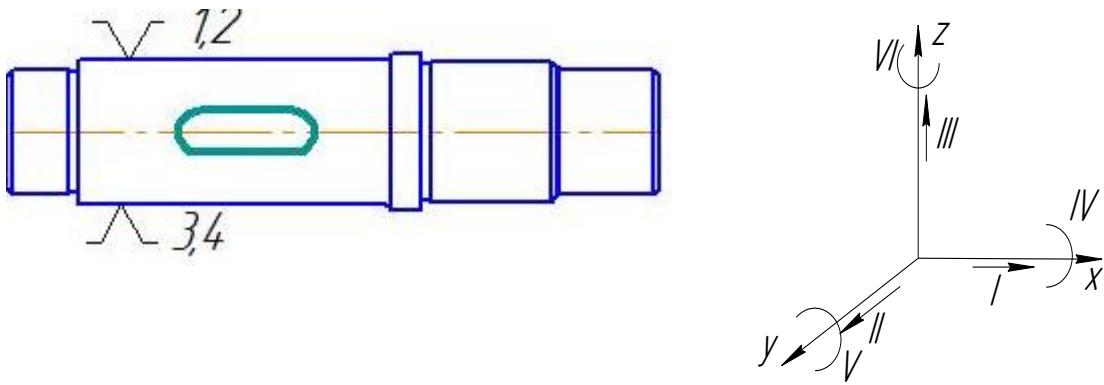


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки в призмах

Таблиця 6.7 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	II, III, IV, VI	Подвійно-напрямна
5,6	I, V	Вакансія

Таблиця 6.8 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійно-напрямна
$\alpha$	1	0	1	
L	1	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	1	0	

Проаналізувавши матриці можна стверджувати про те, що заготовка буде позбавлена чотирьох ступенів вільності.

Похибка базування буде відсутньою, оскільки, застосовуються самоцентруючі призми.

Приймаємо перший спосіб закріплення заготовки, оскільки, при даному способі позбавляється більше ступенів вільності.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

При виборі металорізального верстата перевагу слід надавати високопродуктивному обладнанню, орієнтуючись на сучасні верстати вітчизняного та зарубіжного виробництва.

При виборі верстата керуємося такими вимогами:

- можливість виконання необхідних технологічних способів обробки поверхонь, які увійшли до певної операції;
- тип виробництва;
- габарити робочого простору;
- необхідну потужність двигунів;
- кількість інструментів, які можна установити на верстаті.

На операції 005 у заводському технологічному процесі застосовується фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-71М, який має такі характеристики:

- найбільший діаметр заготівки, мм: 300;
- кількість інструментів, які можна установити на верстаті -6;
- найбільша довжина заготівки, мм: 500;
- мінімальна частота обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ : 125;
- максимальна частота обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ : 712
- потужність електродвигуна верстата: 2,8 кВт.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

Таблиця 6.9 – Основні технічні характеристики верстату МР-71М

Характеристика	Значення
Найбільший діаметр заготівки, мм	300
Кількість інструментів, які можна установити на верстаті	6
Найбільша довжина заготівки, мм	500
Мінімальна частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	125
Максимальна частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	712
Електродвигун приводу головного руху, кВт	2,8
Габарити верстата, мм	2640×1450×1720
Вага, кг	2800

На операції 020 у заводському технологічному процесі застосовується шпонко-фрезерний верстат моделі 6Д91, який має такі характеристики:

- найбільший діаметр заготівки, мм: 80;
- кількість інструментів, які можна установити на верстаті - 1;
- найбільша довжина заготівки, мм: 300;
- мінімальна частота обертання шпинделя, хв<sup>-1</sup>: 500;
- максимальна частота обертання шпинделя, хв<sup>-1</sup>: 4000
- потужність електродвигуна верстата: 2,2 кВт.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

Таблиця 6.10 – Основні технічні характеристики верстату 6Д91

Характеристика	Значення
Найбільший діаметр заготовки, мм	80
Кількість інструментів, які можна установити на верстаті	1
Найбільша довжина заготовки, мм	300
Найбільший діаметр заготовки, мм	80
Мінімальна частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	500
Максимальна частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	4000
Електродвигун приводу головного руху, кВт	2,2
Габарити верстата, мм	1320×1380×1500
Вага, кг	2000

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірального інструментів

В умовах серійного типу виробництва можуть використовуватися універсальні та спеціальні пристосування, різальний та вимірний інструмент.

Операція 005 Фрезерно-центрувальна:

Для базування деталі використовуємо пристосування спеціальне пневматичне, обробка виконується фрезою торцевою (ø50) ГОСТ 22085-80 та свердлом центрувальним (ø 2,5) ГОСТ 14952-75.

- шаблон спеціальний
- штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89 – для контролю довжини;

Операція 020 Шпонково-фрезерна:

Для базування деталі використовуємо пристосування спеціальне пневматичне, обробка виконується шпонковою фрезою ГОСТ 10903-77 з швидкорізальної сталі Р6М5.

- шаблон спеціальний;

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

- штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89 – для контролю довжини;
- зразки шорсткості 3,2; 6,3 Т ГОСТ 9378-93 – для контролю шорсткості обробленої поверхні.

### 6.5 Розрахунки режимів різання

Режим різання визначаємо аналітичним методом за нормативами [2, 7], а норми часу на операцію – за нормативами [5].

*Розрахунок режимів різання на 005 фрезерно-центрувальну операцію*

Режими різання розраховуємо табличним методом .

Розглянемо методику розрахунку на прикладі першої операції – 005 фрезерно – центрувальна.

Для проведення цієї операції приймаємо торцеву фрезу з пластинами з твердого сплаву Т5К10

Вибираємо діаметр фрез за формулою:

$$D=1,6 \times B, \text{ мм}$$

де B – ширина фрезерування, мм.

$$D=1,6 \times 40=64 \text{ мм}$$

Приймаємо спеціальну фрезу [5], с.188 табл.96 D = 100 мм з крупними зубами, кількість яких  $z = 10$ .

Визначаємо режими різання для фрезерування торців.

При фрезеруванні глибина різання дорівнює припуску  $t = h = 2,0 \text{ мм}$ .

Визначаємо подачу на зуб.

Для верстата з потужністю більше 10кВт подача на зуб  $S_z = 0,16 - 0,24 \text{ мм/зуб}$  [5].таб.33, с.283. Приймаємо  $S_z = 0,2 \text{ мм/зуб}$ .

Назначаємо період стійкості фрези по табл.40, с.290 [5]: для торцевої фрези  $\varnothing 100 \text{ мм}$   $T = 180 \text{ хв}$ .

Визначаємо довжину робочого ходу супорту за формулою:

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

$$L_{p.x} = L_{різ} + y + L_{доп}; \text{ мм} \quad (6.14)$$

де  $L_{різ}$  – довжина різання;

$y$  - підвід, врізання та перебіг інструменту;

$L_{доп}$  - додаткова довжина ходу, яка обумовлюється в деяких випадках особливостями наладки і конфігурацією деталей;

Вибираємо данні для обробки [6]:

$$L_{різ} = 17 \text{ мм}; y = 5 \text{ мм}; L_{доп} = 0$$

$$L_{p.x} = 17 + 5 = 22 \text{ мм}$$

Призначаємо величину подачі супорта на оборот шпинделя:

$$S_0 = 0,55 \text{ мм/об};$$

Визначаємо стійкість інструменту по нормативам:

$$T_p = 50 \text{ хв};$$

Розрахуємо швидкість різання за формулою:

$$V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3; \quad (6.15)$$

де  $V_{табл.}$  – табличне значення швидкості;

$K_1$  - коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

$K_2$  - коефіцієнт, який залежить від стійкості та марки матеріалу ріжучою частини;

$K_3$  - коефіцієнт, який залежить від виду обробки;

$$V_{табл.} = 88 \text{ м/хв}; K_1 = 1; K_2 = 1; K_3 = 1,05.$$

$$V = 88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,05 = 92,4 \text{ м/хв};$$

Розрахуємо рекомендоване число обертів шпинделя верстата за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot 88}{3,14 \cdot 38} = 774,39 \text{ хв}^{-1}$$

Обираємо найближче значення числа обертів верстату:

$$n = 630 \text{ хв}^{-1};$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46



Уточнюємо швидкість різання по прийнятому значенню числа обертів шпинделя, за формулою:

$$V = \frac{\pi d n}{1000}; \quad (6.16)$$

де  $d$  – діаметр деталі у місці обробки;

$n$  - число обертів шпинделя;

$$V = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 630}{1000} = 75,17 \text{ м/хв};$$

Приймаємо  $V_d = 100 \text{ м/хв}$ .

Визначаємо швидкість руху подачі за формулою:

$$V_s = S_z \times z \times n_d, \text{ мм/зуб} \quad (6.17)$$

$$V_s = 0,2 \times 10 \times 630 = 1260 \text{ мм/зуб}$$

Коректуємо знайдене значення за паспортними даними верстата моделі МР-71М  $V_s = 1300 \text{ мм/зуб}$

Визначаємо дійсну подачу на зуб за формулою:

$$S_{zd} = \frac{V_{sd}}{z \times n_d}, \text{ мм/зуб} \quad (6.18)$$

$$S_{zd} = \frac{1300}{10 \times 630} = 0,2 \text{ мм/зуб}$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^n \times z}{D^q \times n^w} \times K_{mp}, H \quad (6.19)$$

Значення сталих знаходимо за таблицею 41, с. 291 [5]:  $C_p=825$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $q=1,3$ ;  $w=0,2$

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{n_v} \quad (6.20)$$

$$K_{mp} = \left( \frac{980}{750} \right)^{1,0} = 1,31$$

$$P_z = \frac{10 \times 825 \times 2,0^1 \times 0,2^{0,75} \times 77,0^{1,1} \times 10}{100^{1,3} \times 630^{0,2}} \times 1,31 = 5744 \text{ Н}$$

Визначаємо крутячий момент за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \times D}{2 \times 100}, \text{ Н} \times \text{м} \quad (6.21)$$

$$M_{кр} = \frac{5744 \times 100}{2 \times 100} = 2872 \text{ Нм}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{різ} = \frac{P_z \times V_d}{1020 \times 60}, \text{ кВт} \quad (6.22)$$

$$N_{різ} = \frac{5744 \times 100}{1020 \times 60} = 9,4 \text{ кВт}$$

Перевіряємо чи достатня потужність. Необхідно, щоб виконувалася умова  $N_{різ} \leq N_{шп}$ , кВт

де  $N_{шп}$  – потужність шпинделя верстата, кВт.

$$N_{шп} = N_d \times \eta, \text{ кВт} \quad (6.23)$$

де  $N_d$  – дійсна потужність верстата, кВт.

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії.

$$N_{шп} = 13 \times 0,8 = 10,4 \text{ кВт}$$

$$9,4 \text{ кВт} \leq 10,4 \text{ кВт}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

Умова виконується, отже обробка можлива.

Розрахуємо основний машиний час обробки за формулою:

$$t_M = \frac{L_{p.x.}}{s_0 \cdot n}; \quad (6.24)$$

де  $L_{p.x.}$  - довжину робочого ходу супорту;  
 $s_0$  - подача супорту на оборот шпинделя;  
 $n$  - число обертів шпинделя;

$$t_M = \frac{22}{0,6 \cdot 630} = 0,307 \text{ хв};$$

Назначаємо режими різання на свердління центрових отворів.

Для центрування отворів приймаємо свердло центрувальне Р6М5  
Ø3,15мм ГОСТ14952-75

Визначаємо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{D}{2}, \text{ мм} \quad (6.25)$$

де  $D$  – діаметр свердла, мм.

$$t = \frac{3,15}{2} = 1,575 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу по табл.25, с.277 [5] для діаметра свердла 3,15мм і  
твердості НВ260 подача на оберт становитиме  $S_0 = 0,07$ об/хв.

Назначаємо період стійкості інструменту для діаметра свердла Ø3,15мм  
по табл.30, с.279[5]  $T = 15$ хв

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \text{ хв} \quad (6.26)$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49

де  $C_V$  – коефіцієнт, що визначає вплив матеріалу заготовки і умов обробки на швидкість різання; по табл.28, с.278 [1]  $C_V = 9,8$ ;

$q, m, y$  – показники степенів, що визначають вплив елементів режимів різання на швидкість різання; по табл.28, с.278 [5];  $q=0,4$ ;  $m=0,2$ ;  $y=0,5$ ;

$K_V$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_V = K_{mv} \times K_{lv} \times K_{bv} \quad (6.27)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюємого матеріалу

$$K_{mv} = K_r \times \left( \frac{750}{\sigma} \right)^{n_v} \quad (6.28)$$

де  $n_v$  – показник степеня; по табл.2, с.262 [5]  $n_v=1,0$ ;

$\sigma$  – межа міцності при розтягуванні;

$K_{rv}$  – коефіцієнт, що враховує групу сталі по обробці; по табл.2, с.262

[5]  $K_{rv} = 1,0$ .

$$K_{mv} = 1,0 \times \left( \frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,77$$

$K_{lv}$  – коефіцієнт, що враховує глибину обробки отвору; по табл.31, с.280

[5]  $K_{lv} = 1,0$ ;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту; табл.6, с.263 [5]

$K_{uv} = 1,0$ .

$$K_V = 0,77 \times 1,0 \times 1,0 = 0,77$$

$$V = \frac{9,8 \times 3,15^{0,4}}{15^{0,2} \times 0,07^{0,5}} \times 0,77 = 8,27 \text{ м / хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ об / хв} \quad (6.28)$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

$$n = \frac{1000 \times 8,27}{3,14 \times 3,15} = 836 \text{ об / хв}$$

Коректуємо знайдене значення за паспортними даними верстата моделі МР-71М  $n_d = 815 \text{ об/хв}$ .

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \times D \times n_d}{1000}, \text{ м / хв.} \quad (6.29)$$

$$V_d = \frac{3,14 \times 3,15 \times 815}{1000} = 8,1 \text{ м / хв.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 \times C_m \times D^q \times S^y \times K_p, \text{ Нм} \quad (6.30)$$

де  $C_m = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  (табл. 32, с. 281 [5]).

$$K_{mv} = K_{mp} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{n_v} \quad (6.31)$$

$$K_{mv} = K_{mp} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75_v} = 1,22$$

$$M_{кр} = 10 \times 0,0345 \times 3,15^2 \times 0,07^{0,8} \times 1,22 = 0,49 \text{ Н} \times \text{м}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{риз} = \frac{M_{кр} \times n_d}{9750}, \text{ кВт} \quad (6.32)$$

$$N_{риз} = \frac{0,49 \times 815}{9750} = 0,04 \text{ кВт}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

Перевіряємо чи достатня потужність. Необхідно, щоб виконувалася

$$\text{умова } N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \text{ кВт}$$

де  $N_{\text{шп}}$  – потужність шпинделя верстата, кВт.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \times \eta, \text{ кВт} \quad (6.33)$$

де  $N_{\text{д}}$  – дійсна потужність верстата, кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії.

$$N_{\text{шп}} = 13 \times 0,8 = 10,4 \text{ кВт}$$

$$0,04 < 10,4 \text{ (кВт)}$$

Умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_{\text{осв}} = \frac{L}{S_o \times n_o}, \text{ хв.} \quad (6.34)$$

де  $L$  – повна довжина обробки, мм.

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм} \quad (6.35)$$

де  $l$  – безпосередня довжина обробки, мм;

$y$  – величина врізання, мм.

$$y = 0,4 \times D = 0,4 \times 3,15 = 1,26 \text{ мм}$$

$\Delta$  – величина перебігу;  $\Delta = 0$  мм, так як отвір глухий.

$$L = 10 + 1,26 + 0 = 11,26 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осв}} = \frac{11,26}{0,07 \times 815} = 0,2 \text{ хв}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

Визначаємо загальний основний час, витрачений на фрезерно-центрувальну операцію:

$$T_{ф-ц} = T_{о фр} + T_{о св.} = 0,307 + 0,2 = 0,507 \text{ хв}$$

*Призначення режимів різання на 020 шпонково-фрезерну операцію*

Аналітичний метод

Для проведення цієї операції приймаємо шпонкову фрезу з нормальним зубом пластинами з швидкорізальної сталі Р6М5.

Діаметр фрези дорівнює ширині паза  $D=10$  мм кількість зубів  $z=4$ .  
Визначаємо глибину різання. Для діаметру фрези  $D=10$  мм,  $t=0,3$  мм табл.38, с.286 [5].

Визначаємо подачу на зуб  $S_z=0,1$  мм/зуб табл.38, с.286 [5]. Назначаємо період стійкості фрези таб.40, с.290 [5]; для шпонкової фрези діаметром 10 мм -  $T=80$  хв.

Визначаємо швидкість різання.

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times z^p} \times K_v, \text{ м / хв.} \quad (6.36)$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що визначає вплив матеріалу заготовки і умов обробки на швидкість різання табл.39, с.287 [5]  $C_v = 12$ ;

$q, m, x, y, u, p$  – показники степенів, що визначають вплив елементів режимів різання на швидкість різання табл.39, с.287 [5]  $q=0,3$ ;  $m=0,26$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,25$ ;  $u=0$ ;  $p=0$ .

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} \quad (6.37)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюємого матеріалу.

$$K_{mv} = K_r \times \left( \frac{750}{\sigma} \right)^{n_v} \quad (6.38)$$

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ 16090064-00 ПЗ				

де  $K_r$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по обробці,  $K_r = 1$ , [5]  
с.262, табл. 2;

$n_v$  – показник степені табл.2, с.262 [5]  $n_v=0,9$ ;

$\sigma$  – межа міцності при розтягуванні (610 МПа).

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

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки табл.5 с.263 [5]  
 $K_{nv} = 0,8$ ;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту табл.6 с.263 [5]  $K_{uv} = 1,0$ .

$$K_v = 1,2 \times 0,8 \times 1,0 = 0,96$$

$$V = \frac{12 \times 10^{0,3}}{80^{0,26} \times 0,3^{0,3} \times 0,1^{0,25} \times 10^0 \times 4^0} \times 0,96 = 18,9 \text{ м / хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя.

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ об / хв.} \quad (6.39)$$

$$n = \frac{1000 \times 18,9}{3,14 \times 10} = 601,9 \text{ об / хв}$$

Коректуємо знайдене значення за паспортними даними верстата моделі  
6Д91  $n_d = 1000$  об/хв..

Визначаємо дійсну швидкість різання.

$$V_d = \frac{\pi \times D \times n_d}{1000}, \text{ м / хв.} \quad (6.40)$$

$$V_d = \frac{3,14 \times 10 \times 1000}{1000} = 31,4 \text{ м / хв}$$

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54



Визначаємо швидкість руху подачі.

$$V_S = S_z \times z \times n_d, \text{ мм/зуб} \quad (6.41)$$

$$V_S = 0,1 \times 4 \times 1000 = 400 \text{ мм/зуб}$$

Коректуємо знайдене значення за паспортними даними верстата моделі 6Д91  $V_S = 400 \text{ мм/зуб}$ .

Визначаємо дійсну подачу на зуб.

$$S_{zd} = \frac{V_{SD}}{z \times n_d}, \text{ мм/зуб} \quad (6.42)$$

$$S_{zd} = \frac{400}{4 \times 1000} = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

Визначаємо силу різання.

$$P_Z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^n \times z}{D^q \times n^w} \times K_{mp}, H \quad (6.43)$$

Значення сталих знаходимо за таблицею 41, с. 291 [5]  $C_p=68,2$ ;  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q=0,86$ ;  $w=0$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{n_v} \quad (6.44)$$

де  $n_v$  – показник степені табл.9, с.264 [5]  $n_v=0,3$ ;

$\sigma$  – межа міцності при розтягуванні (610 МПа).

$$K_{mp} = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,3} = 0,94$$

						ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
							55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$$P_z = \frac{10 \times 68,2 \times 1,3^{0,86} \times 0,1^{0,72} \times 10^1 \times 4}{10^{0,86} \times 1000^0} \times 0,94 = 845,9 \text{ Н}$$

Визначаємо крутячий момент.

$$M_{кр} = \frac{P_z \times D}{2 \times 100}, \text{ Нм} \quad (6.45)$$

$$M_{кр} = \frac{845,9 \times 10}{2 \times 100} = 42,3 \text{ Нм}$$

Визначаємо потужність різання.

$$N_{різ} = \frac{P_z \times V_{\partial}}{1020 \times 60}, \text{ кВт} \quad (6.46)$$

$$N_{різ} = \frac{845,9 \times 31,4}{1020 \times 60} = 0,43 \text{ кВт}$$

Перевіряємо чи достатня потужність. Необхідно, щоб виконувалася умова :

$$N_{різ} \leq N_{шп}, \text{ кВт}$$

де  $N_{шп}$  – потужність шпинделя верстата

$$N_{шп} = N_d \times \eta, \text{ кВт} \quad (6.47)$$

де  $N_d$  – дійсна потужність верстата

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії

$$N_{шп} = 7,5 \times 0,8 = 6 \text{ кВт}$$

$$0,43 \text{ кВт} \leq 6 \text{ кВт}$$

Умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час.

$$T_o = \frac{L}{V_s} \times i, \text{ хв.} \quad (6.48)$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

де  $i$  – кількість проходів  $i = (36-31)/t = (36-31)/0,3=17$

$L$  – повна довжина обробки

$$L=l - d_{\text{фр}} \quad (6.49)$$

де  $l$  – довжина обробки

$$L=80 - 10=70 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{70}{400} \times 17 = 3,4 \text{ хв}$$

### 6.6 Технічне нормування операцій

Розраховуємо норми штучно-калькуляційного часу на фрезерно-центрувальну операцію 005.

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{n-z}}{n} + T_{\text{шт}}, \text{ хв} \quad (6.50)$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_0 + (T_{\text{ус}} + T_{30} + T_{\text{ун}} + T_{\text{уз}}) \cdot \kappa + T_{\text{об.ст}}, \text{ хв} \quad (6.51)$$

де  $T_{n-z}$  – підготовчо-заключний час, хв.;

$T_0$  – основний час, хв.;

$n$  – кількість деталей в партії, шт.;

$T_{\text{ус}}$  – час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$T_{30}$  – час на закріплення та відкріплення деталі, хв.;

$T_{\text{ун}}$  – час приймання керування, хв.;

$T_{\text{уз}}$  – час на вимірювання деталі, хв.;

$T_{\text{об.ст}}$  – час на обслуговування робочого місця та відпочинок, хв.;

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт.

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

TM 16090064-00 ПЗ

$$T_{yc} = 0,08$$

Час на вмикання верстата кнопкою – 0,02 хв; підвести та одвести фрези та свердла від деталі –  $2 \times 0,06$  хв. [1]. Тоді:

$$T_{yn} = 0,02 + 2 \cdot 0,06 = 0,14 \text{ хв}$$

$$T_{uz} = 2 \cdot 0,12 = 0,16 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$T_{\epsilon} = T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{uz} \quad (6.52)$$

$$T_{\epsilon} = 0,08 + 0,14 + 0,16 = 0,38 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$T_{on} = T_0 + T_{\epsilon} \quad (6.53)$$

$$T_{on} = 0,507 + 0,38 = 0,887 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та обслуговування робочого місця складає 6% від оперативного часу:

$$T_{обот} = \frac{0,887 \cdot 6}{100} = 0,053 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час на налагоджування верстата – 12 хв.; отримання інструмента та пристосування й здача його після закінчення обробки – 10 хв. [1]. Тоді:

$$T_{n-3} = 12 + 10 = 22 \text{ хв}$$

Кількість деталей в партії [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (6.54)$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де N – програма випуску деталей, шт.;

a – періодичність запуску в днях (a=12)

$$n = \frac{20000 \cdot 12}{254} = 944,8 \approx 945 \text{ шт}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{22}{378} + 0,507 + (0,08 + 0,14 + 0,16) \cdot 1,85 + 0,073 = 1,34 \text{ хв}$$

### *Технічне нормування шпонково-фрезерної операції*

Для визначення штучного часу на операції потрібно знайти операційний час, який складається з основного та допоміжного.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}}, \text{ хв.} \quad (6.55)$$

де  $T_{\text{о}}$  – основний час, розрахований в пункті 2.8.3  $T_{\text{о}} = 3,4$  хв.

$T_{\text{д}}$  – допоміжний час, визначаємо за формулою:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{кр}} + T_{\text{вим}}, \text{ хв.} \quad (6.56)$$

де  $T_{\text{уст}}$  – час на установку и зняття деталі,  $T_{\text{уст}} = 0,029$  хв.; табл. 5.5 с. 201 [1];

$T_{\text{кр}}$  – час на прийняття керування,  $T_{\text{кр}} = 0,09$  хв.; табл. 5.8 с. 202-203 [1];

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання,  $T_{\text{вим}} = 0,09$  хв. табл. 5.14 с. 208 [1].

$$T_{\text{д}} = 0,029 + 0,09 + 0,09 = 0,21 \text{ хв}$$

$$T_{\text{оп}} = 3,4 + 0,21 = 3,61 \text{ хв}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розраховуємо штучний час.

$$T_{ум} = T_{он} \times \left( 1 + \frac{(a_{від} + a_{обсл})}{100} \right), хв \quad (6.57)$$

де  $a_{відп}$  ;  $a_{обсл}$  час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приведені у відсотковому відношенні від оперативного часу і складає 8%.

$$T_{ум} = 3,61 \times \left( 1 + \frac{8}{100} \right) = 3,9 \text{ хв}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		60

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Необхідно спроектувати пристосування на операцію 020 Шпонково-фрезерна. В базовому технологічному процесі заготовка закріплювалася в універсальному пристосуванні.

Необхідно спроектувати пристосування з пневмоприводом, що допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, значно зменшивши допоміжний час, а отже і собівартість деталі. Використання такого верстатного пристрою допоможе збільшити точність та стабільність параметрів, отриманих на операції (точність форми та розміщення, шорсткість).

На операції 020 Шпонково-фрезерна необхідно за допомогою шпонкової фрези.

Згідно заводського технологічного процесу заготовка при фрезеруванні шпонкового пазу шириною 10N9 та глибиною 5 мм закріплюється в універсальному пристосуванні з ручним приводом. При збільшенні річної програми випуску деталей виникає необхідність зниження трудомісткості, підвищення продуктивності на операції. Для цього проектуємо спеціальне пристосування з механізованим приводом. Привід вибираємо пневматичний, як більш простий в експлуатації в порівнянні з гідравлічним.

*Точність форми, розташування поверхні та ступінь шорсткості*

Точність форми поверхні, яка оброблюється кресленням не обумовлено, погрішність форми знаходиться в межах допуску на розмір 36 мкм.

Ступінь шорсткості згідно кресленню даної операції поверхні  $Ra = 3,2$  мкм.

*Розробка і обґрунтування схеми базування*

Виходячи з умов обробки деталі єдиним правильним варіантом базування буде внутрішня циліндрична поверхня та торець. Розглянемо вибрану схему базування рисунок 3.1.

										Арк.
										61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

ТМ 16090064-00 ПЗ

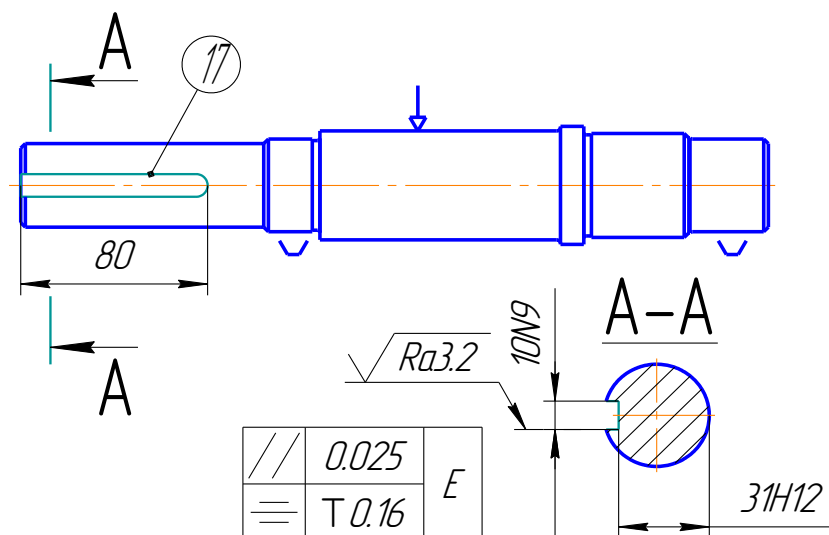


Рисунок 7.1 – Схема базування

Деталь «Вал» установлюється на призму до упору в торець і затискається прихватом зверху

Жорстка опора по торцю деталі звільнює деталь трьох степенів свободи, призма звільнює деталь двох степенів свободи, а прихват звільнює одну степінь свободи .

Дана схема закріплення дозволяє обробляти деталь без значних деформацій і отримати потрібні точнісні характеристики.

Погрішність базування при обробці шпонкового паза на  $\varnothing 36_{+0.002}^{+0.018}$  установлюємо на призму  $\alpha=90^\circ$  . Розмір глибини шпонкового паза заданий від верхньої утворюючої 5,0мм.

Погрішність базування визначаємо за формулою для кута призми  $\alpha=90^\circ$ :

$$E=1,21 \times T_d, \text{ мкм} \quad (7.1)$$

де  $T_d$  – допуск на зовнішню циліндричну поверхню, якою деталь встановлюється на призму

$$T_d = es - ei, \text{ мкм} \quad (7.2)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
------	------	----------	--------	-----



$$T_d = 0,018 - (0,002) = 16 \text{ мкм}$$

$$E = 1,21 \times 16 = 19,36 \text{ мкм}$$

### *Розрахунок сили затиску заготівки*

Величину необхідного затискного зусилля визначають на основі рішення завдання статички, розглядаючи рівновагу заготівки під дією прикладених до неї сил. На заготівку при обробці діє крутний момент  $M_{кр}$  та осьова сила  $P_z$ .

У цій схемі сила  $W$  є сумарною силою закріплення. Сили, що створюються і момент тертя проти діють здвигу повздож осі та повороту заготівки. Необхідну силу закріплення розраховуємо для дії осьової сили та моменту за формулами [8], таблиця 4.4с. 85:

$$W_1 = \frac{K \times P_z}{f_1 + f_{np}}, H \quad (7.3)$$

$$W_2 = \frac{K \times M_{кр}}{r \times (f_1 + f_{np})}, H \quad (7.4)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63

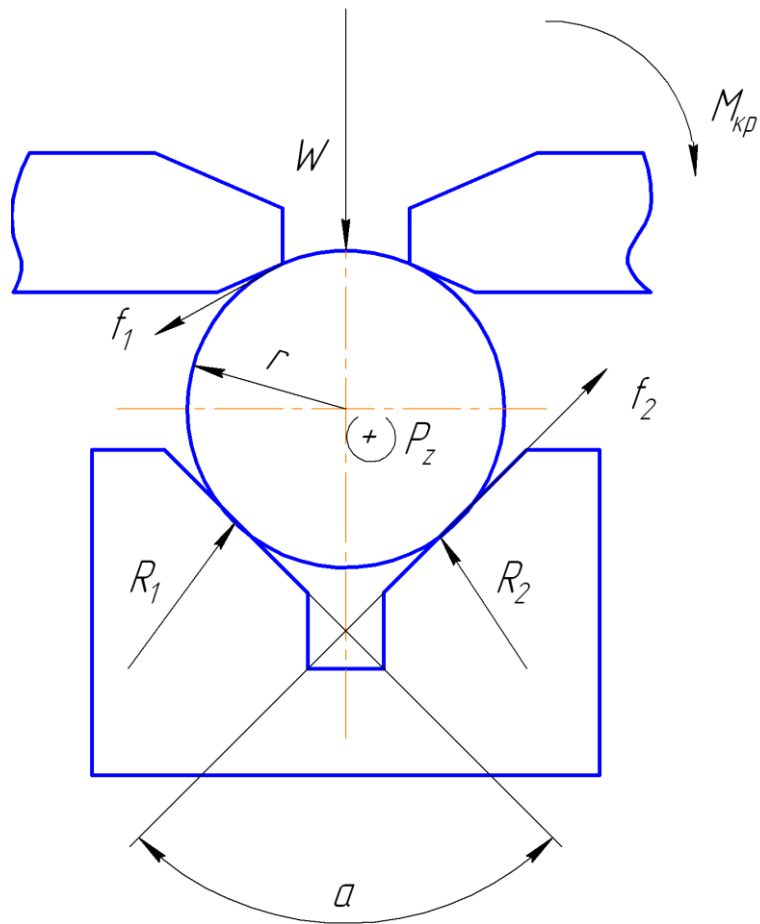


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема сил закріплення заготовки

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \quad (7.5)$$

де  $K_0$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $K_0 = 1,5$ ; [8], с. 119;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує величину сили різання із-за випадкових нерівностей на обробляючих поверхнях,  $K_1 = 1,4$ ; [8], табл. 4.1с. 118;

$K_2$  – коефіцієнт, характеризує збільшення сили різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту,  $K_2 = 1,2$ ; [8], с. 119;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні,  $K_3 = 1,0$ ; [8], с. 119;

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує непостійність сил закріплення в затискному механізмі,  $K_4 = 1,0$ ; [8], с. 119;

										Арк.
										64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів,  $K_5 = 1,0$ ; [8], с. 119;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховує за наявності моменту, що крутить,  $K_6 = 1,0$  [8], с. 120.

$$K = 1,5 \times 1,4 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,52$$

$P_z$  – осьова сила різання див. пункт 2.8.2;

$f_1$  – коефіцієнт тертя між контактними поверхнями,  $f=0,15$ , [8], с. 121  
табл. 4.2.

$f_{пр}$  – приведений коефіцієнт тертя;

$M_{кр}$  – крутний момент див. пункт 2.8.2;

$$f_{i\theta} = f_2 \times \frac{1}{\sin(\alpha/2)} \quad (7.6)$$

де  $f_2$  – коефіцієнт тертя між контактними поверхнями,  $f=0,15$ , [8], с. 121  
табл. 4.2.;

$r$  – радіус вала  $r = 7,7 \times 10^{-3} \text{ м}$ ;

$$f_{i\theta} = 0,15 \times \frac{1}{\sin(90^\circ/2)} = 0,21$$

Знайдемо силу затиску для дії осьової сили

$$W_1 = \frac{2,52 \times 845,9}{0,15 + 0,21} = 5915 \text{ Н}$$

Знайдемо силу затиску для дії крутного моменту:

$$W_2 = \frac{2,52 \times 42,3}{16 \times 10^{-3} \times (0,15 + 0,21)} = 18506 \text{ Н}$$

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		65

В якості приводу верстатного пристосування вибираємо пневмоциліндр з приводом двох сторонньої дії, який необхідний для створення вихідних зусиль двох напрямків: «що штовхає» - при подачі повітря в нижню частину циліндру, «що тягне» - зусилля протилежного напрямку.

Зусилля, що штовхає, використовується для розтиснення заготовки і відводу прихвату від деталі, зусилля, що тягне, служить для підводу прихвату і закріплення заготовки.

Виходячи з розрахованої сили затиску розраховуємо діаметр пневматичного циліндра за формулою:

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{W}{\rho \times \eta \times \pi}} \quad (7.7)$$

де  $W$  – сила затиску;

$\rho$  – тиск стислого повітря,  $\rho = 0,4 \dots 0,6$  МПа, приймаємо  $\rho = 0,5$  МПа;

$\eta$  – ККД,  $\eta = 0,85 \dots 0,95$ , приймаємо  $\eta = 0,85$ .

Діаметр пневмоциліндру розраховуємо за силою затиску при проти дії крутному моменту

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{18506}{0,5 \times 0,85 \times 3,14}} = 235,5 \text{ мм}$$

Основні параметри пневматичного циліндра вибираємо з табл. 1, с.426 [9]:

- приймаємо два циліндра діаметром  $D = 125$  мм;
- діаметр штока  $d = 40$  мм;
- сила, що штовхає – 11400 Н;
- сила, що тягне – 10800 Н;
- тиск в системі  $\rho = 0,5$  МПа.

Одним з основним достатків поршневих приводів є їх швидкісна дія та постійне зусилля. Недоліком – ударна дія приводу, яка створює шум.

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### *Точність розрахунку пристосування*

На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, які визивають загальну погрішність обробки  $\varepsilon_0$ , яка не повинна перевищувати допуск  $\delta = 400$  мкм розміру, який виконується при обробці заготівки.

Розрахунок похибки  $\varepsilon_{np}$  зводиться до віднімання з допуску виконуваного розміру всіх інших складових загальної похибки обробки:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \times \sqrt{(k_{T1} \times \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + (k_{T2} \times \omega)^2}, \text{ мкм} \quad (7.8)$$

де  $\delta$  – допуск при обробці розміру заготовки;  $\delta = 400$  мкм

$k_T$  – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіяння значень складових величин від закону нормального розподілення;  $k_T = 1,0$ ; с.85 [8];

$k_{T1}$  – коефіцієнт, який враховує зниження граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах;  $k_{T1} = 0,8$ ; с.85 [8];

$k_{T2}$  – коефіцієнт, який враховує частки похибки обробки в сумарній похибці, що викликана факторами, які залежать від пристосування;  $k_{T2} = 0,6$ ; с.85 [8];

$\omega$  – економічна точність обробки;  $\omega = 100$  мкм с.214 табл П13 [8];

$\varepsilon_0$  – похибка базування;  $\varepsilon_0 = 15,73$  мкм;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, яка виникає внаслідок зміщення деталі під дією прикладеної сили затиску  $\varepsilon_3 = 70$  мкм, с.209 табл. П3 [8];

$\varepsilon_y$  – похибка установки

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ мкм} \quad (7.9)$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{19,36^2 + 70^2} = 72,6 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{np} \leq 400 - 1,0 \times \sqrt{(0,8 \times 19,36)^2 + 70^2 + 72,6^2 + (0,6 \times 100)^2} = 282 \text{ мкм}$$

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

### *Призначення пристрою та принцип дії пристосування*

Пристосування являється допоміжним змінним пристроєм до верстата, та призначений для правильної установки та закріплення заготовки при механічній обробці деталі. Пристрій призначений для фрезерування шпонкового пазу на шпонково-фрезерному верстаті моделі 6Д91.

Деталь «Вал» встановлюється на призму 5 до упору правим торцем деталі та затискається за допомогою прихвата 4, якій закріплюється за допомоги шпильки 26, до штоку 8. При подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери циліндру 6, за допомогою рукоятки 11 на пневмовмикачі, поршень 1, під тиском повітря зі штоком 8, переміщується вниз та за допомогою прихвата 4 деталь затискається. Після закінчення фрезерування пазу повітря подається в безштокову порожнину за допомогою рукоятки 11 на пневмовмикачі пневмокамери шток 8, переміщується вгору та звільняє деталь.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		68

## ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи був виконаний наступний обсяг роботи:

Проведено аналіз службового призначення конвеєру, у який входить деталь «Вал А04.01.011». Виконано опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації. Проведено аналіз технічних вимог на виготовлення валу.

За коефіцієнтом закріплення операцій встановлено, що тип виробництва – дрібносерійний. Форма організації виробництва – групова.

Аналіз технологічності конструкції деталі показав, що конструкція валу є технологічною.

В якості заготовки прийнята штамповка на ГKM.

Під час виконання роботи було проаналізовано шпонково-фрезерну та фрезерно-центрувальну операції:

- порівняні схеми базування і обрана найбільш раціональна;
- обрано найбільш раціональне металорізальне обладнання;
- обране верстатне технологічне оснащення;
- проведений розрахунок режимів різання;
- проведено технічне нормування операцій.

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		69

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

2 Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн: 2Высшая школа», 1983. – 256 с., ил.

3 Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» /Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.

4 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55 с.

5 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

6 Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с.

7 Обще­строительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

8 Режимы резания металлов: справ. / Под ред. Ю.Б. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 311с.

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



9 Силантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 256 с.: ил.

10 Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: «Машиностроение», 1986. – 496с.

11 Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Панов. – М.: Машиностроение, 1980.-527 с.

12 Худобин Л.В. и др. Курсовое проектирование по ТМС. –М.: Машиностроение, 1989. -288с.

					<i>ТМ 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		71

# ОХОРОНА ПРАЦІ

## Класифікація систем вентиляції

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих параметрів метеорологічних умов у виробничих приміщеннях шляхом видалення забрудненого або нагрітого повітря з приміщення і подачею в нього свіжого повітря.

1 За *способом переміщення повітря* вентиляція буває природною і механічною. Можливе також поєднання природної і механічної вентиляції (змішана вентиляція) в різних варіантах.

2 За *призначенням* залежно від того, для чого служить система вентиляції, для подачі – припливна, для видалення – витяжна, для того та іншого одночасно - припливно-витяжна.

3 За *місцем дії* вентиляція буває загальнообмінною і місцевою.

Дія загально обмінної вентиляції заснована на розбавленні шкідливих речовин, що виділяються, свіжим повітрям до граничнодопустимих концентрацій або температур. Цю систему вентиляції найбільш часто застосовують в тих випадках, коли шкідливі речовини виділяються рівномірно по всьому приміщенню. При такій вентиляції забезпечується підтримка необхідних параметрів повітряного середовища у всьому його об'ємі.

Якщо приміщення дуже велике, а кількість людей, що знаходяться в ньому, незначна, причому місце їх перебування фіксовано, не має сенсу (з економічних міркувань) оздоровляти все приміщення повністю. Можна обмежитися оздоровленням повітряного середовища, тільки в місцях перебування людей. Прикладом такої організації вентиляції можуть бути кабінки нагляду і керування в прокатних цехах, які обладнуються місцевою припливно-витяжною вентиляцією, робочі місця в гарячих цехах, обладнаних установками повітряного душування, і т.п.

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ 16090064-00 ПЗ				

Повітрообмін можна значно скоротити, якщо уловлювати шкідливі речовини в місцях їх виділення, не допускаючи поширення по приміщенню. З цією метою технологічне устаткування, що є джерелом виділення шкідливих речовин, забезпечують спеціальними пристроями, від яких проводиться відсмоктування забрудненого повітря. Така вентиляція називається місцевою витяжною або локалізованою.

Місцева вентиляція в порівнянні із загальнообмінною вентиляцією вимагає значно менших витрат на обладнання і експлуатацію.

4 За часом дії вентиляція буває робоча при нормальному режимі роботи і аварійна, включається вручну або автоматично від датчиків концентрації. Встановлюється там, де можливе раптове надходження в повітря робочої зони великої кількості шкідливої пари або газів.

На виробництві часто встановлюють комбіновані системи вентиляції (загальнообмінну з місцевою, загальнообмінну з аварійною і т.д.).

### **Основні вимоги до улаштування вентиляції**

Для успішної роботи системи вентиляції важливо, щоб ще на стадії проектування були виконані такі санітарно-гігієнічні і технічні вимоги:

1 Об'єм притоку повітря в приміщення  $V_{пр}$  повинен відповідати об'єму витяжки  $V_{вит}$ ; різниця між цими об'ємами не повинна перевищувати 10-15%.

У ряді випадків необхідно так організувати повітрообмін, щоб один з них обов'язково був більший від іншого. Наприклад, при проектуванні вентиляції двох суміжних приміщень, в одному з яких виділяються шкідливі речовини, об'єм витяжки з цього приміщення 1 береться більший від об'єму притоку, тобто  $V_{вит} > V_{пр}$ , внаслідок чого в цьому приміщенні створюється невелике розрідження і нешкідливе повітря з приміщення 2 з невеликим надлишковим тиском  $\Delta H$  підсмоктуватиметься в приміщення 1, не даючи можливості шкідливим речовинам потрапляти в приміщення 2.

Можливі і такі випадки організації повітрообміну, коли у всьому приміщенні

									Арк.
									73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

підтримується надлишковий тиск відносно атмосферного. Наприклад, в цехах електровакуумного виробництва, для якого особливо важлива відсутність пилу, що проникає через різні нещільності, об'єм притоку повітря робиться більше об'єму витяжки, за рахунок чого і створюється деякий надлишок тиску ( $P_{пр} > P_{атм}$ ).

2 Свіже повітря необхідно подавати в ті частини приміщення, де кількість шкідливих виділень мінімальна (чи їх взагалі немає), а видаляти, де виділення максимальні.

### **Принцип будови і розрахунок природної вентиляції**

У природній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різної об'ємної ваги повітря всередині і зовні приміщення або під впливом вітру, тобто за рахунок теплового або вітрового тиску.

Природна вентиляція може бути:

а) неорганізованою, що здійснюється через нещільності в будівельних конструкціях;

б) організованою (канальною або без каналною).

Неорганізована, або нерегульована, природна вентиляція приміщень здійснюється за рахунок нещільності конструкцій (засув вікон, дверей), а також через мікропори стін і перегородок.

В організованій природній вентиляції видалення забрудненого повітря з приміщення і подача свіжого може здійснюватися через спеціальні отвори, зроблені в стінах і світлових прорізах або по спеціальних каналах.

У першому випадку її називають безканалною (аерацією), а в другому – каналною.

При аерації природний обмін повітря в будівлях здійснюється за рахунок теплового тиску. Розглянемо, як він утворюється.

Зобразимо розріз виробничого приміщення, що має нижні і верхні прорізи.

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

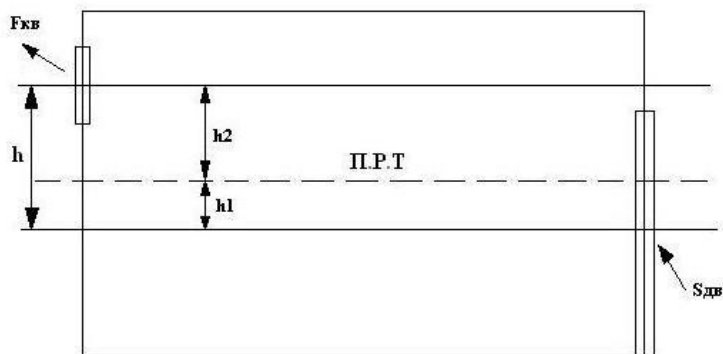


Рисунок 8.1 - Схема утворення теплового тиску

Температура повітря усередині цеху ( $t_{вн}$ ) внаслідок виділення надлишків наявної теплоти буває, як правило, вища за температуру зовнішнього повітря  $t_з$ . Отже, об'ємна вага зовнішнього повітря більша від об'ємної ваги повітря всередині цеху. Це обумовлює наявність різниці тиску зовнішнього і внутрішнього повітря.

На підставі чого ми так говоримо? Відомо, що об'ємну вагу повітря можна знайти за формулою:

$$\gamma = 0,465 \frac{P_6}{T}, \quad (8.1)$$

де  $P_6$  – барометричний тиск, мм рт. ст.;

$T$  – абсолютна температура повітря, °К.

На певній висоті приміщення розміщена площина рівного тиску. Тут тиск повітря всередині і зовні приміщення однаковий (див. рис. 8.1).

Нижче за площину рівного тиску існує розрідження, яке обумовлює надходження зовнішнього повітря через двері:

$$\Delta H_1 = h_1 (\gamma_з - \gamma_{вн}), \quad (8.2)$$

де  $\gamma_{вн}$  – об'ємна вага повітря в приміщенні,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , що відповідає температурі повітря в приміщенні;

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\gamma_3$  - об'ємна вага повітря зовні приміщення,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , що відповідає температурі повітря зовні приміщення.

Вище за площину однакових тисків існує надмірний тиск, який на рівні центру верхніх отворів (кватирки) складає

$$\Delta H_2 = h_2(\gamma_3 - \gamma_{\text{вн}}). \quad (8.3)$$

Цей тиск спрямований назовні приміщення та спричиняє витягування. Загальна величина гравітаційного тиску, під впливом якого відбувається повітрообмін в приміщенні, дорівнює сумі тиску на рівні нижніх і верхніх прорізів:

$$H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = h(\gamma_3 - \gamma_{\text{вн}}) \quad (8.4)$$

Величина  $H$  – сума тиску на рівні нижніх і верхніх прорізів називається **тепловим тиском**. Він залежить від відстані між нижніми і верхніми прорізами ( $h$ ) і різниці об'ємної ваги повітря зовні і всередині будівлі.

Оцінення ефективності природної вентиляції робочого приміщення здійснюється порівнянням необхідного повітрообміну з фактичним таким чином.

Якщо об'єм робочого приміщення, що припадає на кожного працівника, менше  $20 \text{ м}^3$ , необхідний повітрообмін повинен складати не менше  $L' = 30 \text{ м}^3/\text{год}$  на одну особу. При об'ємі  $20 \text{ м}^3$  і більше на одного працівника повітрообмін повинен складати не менше  $L' = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ . При об'ємі  $40 \text{ м}^3$  і більше на одного працівника за наявності в приміщенні вікон та дверей повітрообмін не лімітується.

Таким чином, необхідний повітрообмін  $L_n$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , обчислюється за формулою

$$L_n = L \cdot n, \quad (8.5)$$

					<i>TM 16090064-00 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $n$  - кількість працівників у найбільш чисельній зміні, а для офісних приміщень з урахуванням можливих відвідувачів.

Фактичний повітрообмін здійснюється за допомогою природної вентиляції як неорганізовано – через різні нещільності у віконних і дверних прорізах, так і організовано - через квартиру у віконному прорізі.

Фактичний повітрообмін  $L_{\phi}$ , м<sup>3</sup>/год, обчислюється за формулою

$$L_{\phi} = F_{\text{кв}} \cdot V_n \cdot \mu \cdot 3600, \quad (8.6)$$

де  $F_{\text{кв}}$  - площа квартирки, через яку буде виходити повітря, м<sup>2</sup>;

$V_n$  - швидкість виходу повітря через квартиру, м/с. Її можна розрахувати за формулою

$$V = \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta H_2}{\gamma_{\text{вн}}}},$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>;

$\Delta H_2$  - тепловий напір, під дією якого буде виходити повітря з квартирки, кг/м<sup>2</sup>, можна знайти за формулою:

$$\Delta H_2 = h_2 \cdot (\gamma_3 - \gamma_{\text{вн}}),$$

де  $h_2$  - висота від площини рівних тисків до центра квартирки (рис. 3.1).

Її можна визначити з наступного співвідношення: відстані від площини рівних тисків до центрів нижніх і верхніх прорізів відповідно  $h_1$  та  $h_2$ , обернено пропорційні квадратам площ цих прорізів  $S_{\text{дв}}$  (площа дверей) та  $F_{\text{кв}}$ , тобто

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{F_{\text{кв}}^2}{S_{\text{дв}}^2}.$$

									Арк.
									77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТМ 16090064-00 ПЗ				

З геометричних розмірів приміщення  $h_1+h_2=h$ ,  
де  $h$  – висота між центрами нижніх та верхніх прорізів.

Таким чином, з системи двох рівнянь з двома невідомими знаходимо  $h_2$   
(дивись рис. 8.1).

Об'ємна вага повітря визначається за формулою (8.1):

$$\gamma = 0.465 \cdot \frac{P_6}{T},$$

де  $P_6$  - барометричний тиск, мм рт.ст., в розрахунках береться  $P_6 = 750$  мм  
рт.ст.;

$T$  - температура повітря, градуси Кельвіна.

Для управлінських приміщень, в яких виконується легка робота  
відповідно до ГОСТу 12.1.005-88 для теплого періоду року, температура  
повітря повинна бути не вище  $+28^\circ\text{C}$ , або  $T=301\text{K}$ , для холодного періоду року  
відповідно  $t=17^\circ\text{C}$ , або  $T=290\text{K}$ .

Для повітря зовні приміщення температура визначається за СНиП  
2.04.05-91:

для теплого періоду:  $t = 24^\circ\text{C}$ ,  $T = 297\text{K}$ ;

для холодного періоду:  $t = -11^\circ\text{C}$ ,  $T = 262\text{K}$ .

Визначивши фактичний повітрообмін і порівнявши його з необхідним,  
можна зробити висновок про ефективність природної вентиляції у приміщенні.  
Якщо виявиться, що вона не ефективна, тобто  $L_{\text{ф}} < L_{\text{н}}$ , або  $L_{\text{ф}}$  набагато більше  
 $L_{\text{н}}$ , необхідно дати рекомендації з поліпшення вентиляції і перевірити їх дієвість  
розрахунками. Зокрема, якщо у холодному періоді року фактичний  
повітрообмін набагато перевищує необхідний, що може викликати  
переохолодження працівників, можна рекомендувати скорочення часу  
продіювання приміщення пропорційно перевищенню фактичного  
повітрообміну над необхідним.

										Арк.
										78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						



Наведені формули справедливі лише для будівель, добре захищених від вітру або для умов безвітряної погоди.

При обдуванні будівлі вітром з навітряної сторони утворюється підвищений тиск повітря, а на завітреній стороні будівлі – розрідження. Нижче показаний витяжний пристрій, що не задувається.

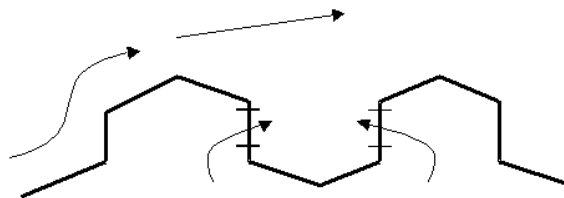


Рисунок 8.2 - Пристрій, що не задувається

Величина тиску, що утворюється на навітряній стороні будівлі, і величина розрідження, яка утворюється на завітреній стороні будівлі, можуть бути розраховані за формулою

$$H_B = a \cdot \frac{V_B^2 \gamma_H}{2g},$$

де  $H_B$  – вітровий тиск або розрідження,  $\text{кГ/м}^2$ ;

$V_B$  – швидкість руху вітру,  $\text{м/с}$ ;

$a$  – аеродинамічний коефіцієнт, залежний від конфігурації будівлі і визначається дослідним шляхом (0,7 – 0,85 – на навітряній стороні; 0,3 – 0,45 на завітреній стороні).

Переваги природної вентиляції: економічність, простота будови та експлуатації.

Недоліки: неможливість підготовки повітря, що надходить та очищення повітря, що видаляється.

					ТМ 16090064-00 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		