

**Міністерство освіти і науки України**

**Луцький національний технічний університет**

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет транспорту та механічної інженерії**

(повне найменування факультету)

**Кафедра прикладної механіки та мехатроніки**

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ  
ОБРОБКИ КРОНШТЕЙНУ 6520Ф3-36.71.00.011**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМз-41  
Онофрійчук Андрій Юрійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Редько Ростислав Григорович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет** Транспорту та механічної інженерії  
**Кафедра** Прикладної механіки та мехатроніки  
**Ступінь вищої освіти:** бакалавр  
**Галузь знань:** 13 Механічна інженерія  
**Спеціальність:** 131 Прикладна механіка  
**Освітня програма:** Прикладна механіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Р. Редько

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**  
Онофрійчуку Андрію Юрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка технологічного процесу механічної обробки кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011*

Керівник роботи: *Редько Ростислав Григорович, к.т.н., доцент,*  
затвержені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р., № 461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, креслення деталі гвинта вертикального переміщення типу 6520Ф3-36.73.00.000 СБ, річна програма випуску 5000 шт/рік, базовий технологічний процес, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Анотації. Вступ. 1 Загальна частина. 2 Технологічна частина. 3 Конструкторська частина. 4 Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А.1), КН – 1 лист (ф.А1), складальні креслення верстатних пристроїв - 5 листів (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.03.2024 р.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Загальна частина	14.03.24	
2.	Конструкторська частина	10.04.24	
3.	Технологічна частина	15.04.24	
4.	Охорона праці	20.04.24	
5.	Оформлення графічної частини	10.05.24	
6.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	25.05.24	
7.	Представлення роботи до захисту	30.05.24	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Онофрійчук А.Ю.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Редько Р.Г.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Онофрійчук А.Ю. Розробка технологічного процесу механічної обробки кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

В пояснювальній записці приводяться всі необхідні розрахунки, вона містить всі необхідні розділи і повністю відповідає встановленим вимогам. У загальній частині проекту зроблено аналіз технічних умов, виходячи із службового призначення виробу, заводського технологічного процесу, сучасних досягнень в галузі виготовлення подібних виробів, на основі чого формується задача, яка вирішується в подальших розділах проекту. У технологічній частині проекту проводиться вибір оптимального виду заготовки, встановлюється необхідна кількість переходів для обробки кожної поверхні, визначається оптимальна структура технологічного процесу, який детально розроблюється. Розроблюються пристрої для фрезерування та розточування отворів основи корпусу, контрольний пристрій. Розроблені заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях. Всі прийняті проектні рішення та їх доцільність підтверджено техніко-економічними розрахунками.

Ключові слова: металорізальний верстат, технологічний процес, гідравлічна схема, гідроциліндр, заготовка, деталь, режими різання, технологічна оснастка.

## ABSTRACT

Onofriychuk A.Yu. Development of the technological process of mechanical processing of the bracket 6520F3-36.71.00.011. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The explanatory note contains all the necessary calculations, it contains all the necessary sections and fully meets the established requirements. In the general part of the project, an analysis of technical conditions is made, based on the service product, the factory technological process, modern achievements in the field of manufacturing similar products, based on which the task is formed, which is solved in the subsequent sections of the project. In the technological part of the project, the optimal type of workpiece is selected, the necessary number of transitions for processing each surface is determined, the optimal structure of the technological process is determined, which is developed in detail. Devices for milling and boring the holes of the base of the case, a control device are being developed. Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed. All adopted project decisions and their expediency were confirmed by technical and economic calculations.

Key words: metal cutting machine, technological process, hydraulic scheme, hydraulic cylinder, workpiece, part, cutting modes, technological equipment.

## ЗМІСТ

		Ст.
	ВСТУП.....	8
1	ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1	Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ .....	9
1.2	Аналіз базового технологічного процесу. Висновки і формулювання завдань на дипломне проектування.....	10
2	Технологічна частина.....	13
2.1	Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва .....	13
2.2	Відпрацювання деталі на технологічність .....	15
2.3	Вибір способу отримання заготовки, економічне обґрунтування	18
2.4	Вибір методу обробки поверхонь (за коефіцієнтом уточнення)	19
2.5	Структурний аналіз і синтез 2-х варіантів технологічного процесу, визначення оптимального варіанту .....	21
2.6	Вибір та розрахункове обґрунтування баз .....	24
2.7	Детальна розробка оптимального варіанту технологічного процесу .....	25
2.7.1	Визначення допусків, припусків і операційних розмірів. Проектування заготовки .....	25
2.7.2	Розмірний аналіз технологічного процесу .....	28
2.7.3	Визначення режимів різання і вибір технологічного обладнання.	29
2.7.4	Нормування технологічного процесу .....	34
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	37
3.1	Проектування пристрою для фрезерування бічної поверхні кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 .....	37
3.2	Проектування пристрою для контролю перпендикулярності....	43

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

4	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	44
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	52
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
	ДОДАТКИ.....	55

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

Ефективність виготовлення продукції, технічний прогрес, якість продукції, що випускається, в основному залежать від стрімкого розвитку виробництва нового обладнання, пристосування, верстатів, від впровадження методів економічного аналізу, що забезпечить вирішення технічних проблем і питань економічного ефекту в технологічних і конструкторських розробках.

Тепер у машинобудуванні, зокрема в технології машинобудування, існують дві головні задачі: задача забезпечення якості машинобудівної продукції і підвищення продуктивності праці. Кожна з цих задач включає деякі вузькі, конкретні проблеми, наприклад, надійності і довговічності, геометричної та функціональної взаємозамінності, технологічності, створення нових матеріалів та методів обробки, автоматизації техпроцесів і методів керування в усіх типах виробництва і, врешті, задача максимального підвищення ефективності науково-дослідних робіт.

Проаналізувавши заводський варіант технологічного процесу оброблення кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 зроблено висновок про актуальність і доцільність модернізації базового технологічного процесу. Дана модернізація буде полягати в наступному. Задачі кваліфікаційної роботи бакалавра:

- 1) змінити структуру технологічного процесу;
- 2) вибрати оптимальне, з погляду на мінімальну собівартість і максимальну продуктивність, технологічне обладнання;
- 3) провести вибір заготовки з мінімальною собівартістю отримання;
- 4) розробити технологічне оснащення для збільшення продуктивності і зменшення собівартості оброблення.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Вертикально-фрезерний верстат мод. 6520Ф3 призначений для фрезерування по програмі деталей різної складності торцьовими, кутовими, фасонними фрезами. Крім фрезерування доцільно здійснювати інші види робіт: свердління, розточування та розвертання отворів.

Компоновка верстату містить вертикальне розташування шпинделя і горизонтальне робочого столу. Формотворними рухами є вертикальне переміщення шпиндельної бабки (ШБ) по направляючим стійки, поздовжнє пересуння столу по направляючим салазок, поперечних рух салазок по напрямних основи. Як система програмного керування використовується контурна система ЧПУ з наявністю крокових двигунів.

Використаовуючи для усіх приводів подач гідравлічну слідкуючу систему можна забезпечити повну відсутність зазорів у ланцюзі подач, а також при цьому буде висока надійність, довговічність і довготривале збереження точності.

Гвинт вертикального переміщення стола верстату базується на декількох кронштейнах типу 6520Ф3-36.16.00.011; 6520Ф3-36.14.00.011; 6520Ф3-36.71.00.011; 6520Ф3- 36.73.00.011 для різних модифікацій верстату. В основних отворах Ø60Н7 базуються корпуса підшипників поз. 9 в яких розташовані підшипники поз. 56. Основний рух передається за допомогою ходового гвинта поз. 10. Обертний момент надається гвинту через пасову передачу диском 17, що закріплений на валу гвинтом 35. Закріплення механізму вертикального переміщення на стійці верстату 6520Ф3 відбувається за допомогою 3-х пазів 12×25, що розташовані на кронштейнах 6520Ф3-36.16.00.011; 6520Ф3-36.14.00.011; 6520Ф3-36.71.00.011; 6520Ф3-36.73.00.011.

Габаритні розміри механізму вертикального переміщення - 540×120××102 мм. Загальна вага - 16 кг.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь 6520Ф3-36.71.00.01 має визначену корпусну форму з основними, допоміжними та закріплювальними отворами, виготовляються з сірого чавуна СЧ20 (за ГОСТ 1412-85), що володіє високими властивостями з поглинання вібраційних коливань та легко оброблюється, володіє хорошими ливарними властивостями. Вимогами до заготовки є: виливок 2 класу групи "а".

Вага кронштейну 6520Ф3- 36.71.00.011 - 12,85 кг. Це забезпечує особливі вимоги щодо транспортування і завантаження деталі на обладнання. Габарити - 6520Ф3- 36.71.00.011 - 615×102×103 мм. Найбільш точним, а тому і складними при виконанні є отвори Ø 60 Н7, допуск співвісності осей отвору - 0,02 мм на довжині 475 або 615 мм. Допуск конусності і овальності 0,016 мм. Параметр шорсткості – Ra складає 1,25 мкм.

Складними при виготовленні є 6 отворів М6-7Н мм, між якими потрібно витримати позиційний допуск 0,1 мм. Параметр шорсткості - Ra 1,25 мкм.

Базуюча поверхня кронштейну - 475 (або 615)×102 мм виконується з низькою шорсткістю - Ra 1,25 мкм.

1.2. Аналіз базового технологічного процесу. Висновки і формулювання завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра

На базовому підприємстві ЛЗФВ при виготовленні даної деталі використовується технологічний процес, що розрахований під умови дрібносерійного виробництва. На операціях застосовується універсальне устаткування та оснастка.

Базовий технологічний процес оброблення кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 передбачає виконання таких операцій (таблиця 1.1).

Проаналізувавши вказані техпроцеси можна зробити наступні висновки.

1. Метод отримання заготовки, що застосовують на підприємстві (лиття в піщано-глинисті форми) є оптимальним з погляду на існуюче дрібносерійне виробництво. Але за умов серійного виробництва найбільш доцільно використати лиття в кокіль, що значно підвищить коефіцієнт використання матеріалу.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. - Базовий технологічний процес оброблення кронштейну

№ оп.	Назва операцій	Зміст технологічних переходів	Модель обладнання
005	Горизонтально-розточна	фрезерувати площину в р-р 15	2620В
010	Горизонтально-розточна	Фрезерувати бічну площину в р-р 83	2620В
015	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати площину В	6Р13
		Фрезерувати торцьову сторону деталі в р-р 21,5	
		Фрезерувати протилежну торцеву сторону в р-р 618 мм	
020	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати опорну площину в р-р 104	6Р13
		Фрезерувати другу опорну площину в р-р 103	
025	Радіально-свердлильна	Свердлити 2 отв. Ø10 послідовно з перевстановленням	2550
		Розсвердлити 2 отв. Ø30 мм з перевстановленням	
		Розсвердлити 2 отв. Ø50 мм з перевстановленням	
030	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати 4 пази 25×12 мм	6Р13
035	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати 4 пази під шайби в р-р 25	6Р13
040	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати уступ в р-р 11,5	6Р13
042	Термічна	Штучне старіння	
045	Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати 2 опорні площини в р-р 102	6Р82В
050	Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати площину В в р-р 103	6Р82В
		Фрезерувати торцеву сторону в р-р 10	
		Фрезерувати протилежну сторону деталі в р-р 615	
055	Горизонтально-розточна	Розточити Ø50 до Ø53 напрохід в торці деталі	2620В
		Розточити Ø50 до Ø53 напрохід в протилежному торці деталі	
		Розточити Ø53 до Ø57 напрохід в торці деталі	
		Розточити Ø53 до Ø57 напрохід в протилежному торці деталі	
		Розточити Ø57 до Ø59,6 напрохід в торці деталі	
		Розточити Ø57 до Ø59,6 напрохід в протилежному торці деталі	
		Розточити Ø59,6 до Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> на прохід в торці деталі	
		Розточити Ø59,6 до Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> напрохід в протилежному торці деталі	
		Розвернути Ø60 до Ø60 Н7 напрохід в торці деталі	
		Розвернути Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> до Ø60 Н7 напрохід в протилежному торці деталі	
060	Радіально-свердлильна	Свердлити 3 отв. Ø5 в торці деталі	2550
		Свердлити 3 отв. Ø5 в протилежному торці деталі	
		Свердлити 3 отв. Ø6,8 в торці деталі	
		Свердлити 3 отв. Ø6,8 в протилежному торці деталі	
		Свердлити 3 отв. М6-7Н в торці деталі	
		Свердлити 3 отв. М6-7Н в протилежному торці деталі	

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	017Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

2. Чорнові, проміжні та чистові бази вибрані вірно; правило єдності баз і спадковості зберігається.
3. Послідовність операцій визначено правильно.
4. Припуски на мехобробку прийняті трішки завищеними.
5. Режими різання, застосовані в даному технологічному процесі, є малопродресивними, тому їх треба прийняти більш інтенсивними, і застосувати інструмент, що оснащений твердим сплавом або мінералокерамікою.
6. Обладнання, застосоване в даному технологічному процесі, більш доцільно застосувати в одиничному та дрібносерійному виробництвах. З врахуванням заданої програми випуску 5 тис. шт. деталей кожного найменування, потрібно внести деякі корегування в структуру технологічного процесу і обладнання, на якому він виконується:
  - операції 015-030 доцільно об'єднати та виконувати на горизонтально-фрезерно-свердлильно-розточному верстаті з ЧПК;
  - операції 050-060 доцільно об'єднати та виконувати на горизонтально-фрезерно-свердлильно-розточному верстаті високої точності з ЧПК.
7. Для всього обладнання доцільно запропонувати оснастку з автоматизованим затиском.

Таким чином, проаналізувавши заводський варіант технологічного процесу оброблення кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 можна зробити висновок про доцільність модернізації базового технологічного процесу. Дана модернізація полягає в наступному:

- 1) змінити структуру технологічного процесу;
- 2) вибрати оптимальне, з позиції мінімальної собівартості і максимальної продуктивності, технологічне обладнання;
- 3) вибрати заготовку з мінімальною собівартістю одержання;
- 4) розробити технологічне оснащення для можливості збільшення продуктивності обробки і зменшення собівартості.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Попереднє встановлення типу і організаційної форми виробництва

Тип виробництва встановлюється по коефіцієнту закріплення операцій  $K_{з.о}$  (за ГОСТ 3.1108-84):

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum C_{np}}, \quad (2.1.)$$

де  $\sum O$  – к-ть всіх технологічних операцій, які вже є виконаними чи підлягають виконуванню на дільниці;

$\sum C_{np}$  – прийняте число робочих місць (обладнання) на дільниці.

$$O = \frac{\eta_{з.норм}}{\eta_{з.факт}}, \quad (2.2.)$$

де  $\eta_{з.норм}$  – коефіцієнт норми завантаження обладнання (приймається рівним 0,85 для попередньо прийнятого за [10], табл. 2.1 серійного виробництва);

$\eta_{з.факт}$  – коефіцієнт фактичного завантаження обладнання.

$$\eta_{з.факт} = \frac{m_p}{C_{np}}, \quad (2.3.)$$

де  $m_p$  – розрахункове число необхідного обладнання;

$C_{np}$  – прийняте число обладнання.

$$m_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot \Phi_{\delta} \cdot \eta_n}, \quad (2.4)$$

де  $T_{шт}$  - штучний час для операцій, у хв;  $N$  - річна програма випуску, шт;

$\Phi_{\delta}$  - дійсний річний фонд робочого часу з роботи обладнання в певну кількість змін ( $\Phi_{\delta} = 4055$  год. для визначеного двозмінного режиму роботи - [10], табл. 1.4).

Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.1.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. - Попереднє встановлення типу виробництва

N п / п	Назва операції	$T_{ум}$ , хв.	Кількість верстатів,шт		$\eta_{з.факт}$	O
			$m_p$	$C_{пр}$		
005	Горизонтально-розточна	56,2	1,54	2	0,75	1,13
010	Горизонтально-розточна	56,2	1,54	2	0,75	1,13
015	Вертикально-фрезерна	54,1	0,8	1	0,8	1,00
020	Вертикально-фрезерна	25,2	0,52	1	0,52	1,63
025	Радіально-свердлильна	83,2	1,71	3	0,57	1,49
030	Вертикально-фрезерна	34	0,70	1	0,70	1,21
035	Вертикально-фрезерна	19,14	0,52	1	0,52	1,63
040	Вертикально-фрезерна	6,3	0,17	1	0,17	5,00
045	Горизонтально-фрезерна	32,8	0,88	2	0,44	1,93
050	Горизонтально-фрезерна	100,2	1,88	3	0,63	1,34
055	Горизонтально-розточна	128,4	2,64	4	0,66	1,29
060	Радіально-свердлильна	38,4	0,79	1	0,79	1,08
	Всього	634,14		22		18,86

$$K_{з.о} = \frac{18,86}{22} = 0,85$$

Визначаємо масовий тип виробництва. Визначимо, яка організаційна форма виробництва.

Її визначають за коефіцієнтом потоковості R. За  $R \geq 0,6$  отримуємо потокову форму, за  $R < 0,6$  - групову.

$$R = \frac{T_{ум.сер}}{\tau_в}, \quad (2.5.)$$

де  $T_{ум.сер}$  – штучний середній час на виконання операції, у хв.;

$\tau_в$  – такт випуску продукції, хв.

$$\tau_в = \frac{\Phi_0 \cdot 60}{N} \quad (2.6.)$$

$$\tau_в = \frac{4055 \cdot 60}{5000} = 48,66 \text{ хв.}$$

З таблиці 2.1. приймаємо:

						017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$T_{шт.сер} = \frac{634,14}{12} = 52,85 \text{ хв.}$$

Тоді

$$R = \frac{52,85}{48,7} = 1,09.$$

За умови  $R=1,09 > 0,6$ , маємо потокову форму організації виробництва.

## 2.2. Відпрацювання деталі на технологічність

Це передбачає внесення змін в конструкторську і технологічну документації для використання найбільш ефективних способів обробки та побудови оптимального технологічного процесу. При конструюванні деталі потрібно не тільки забезпечити її експлуатаційні характеристики, а й забезпечити вимоги до їх економічного виготовлення. Як менша працездатність і собівартість виготовлення деталі, тим більше технологічною вона вважається.

Відлагодження конструкції деталі на технологічність включає оцінку технологічності її за якісними і кількісними показниками.

### *Забезпечення якісних показників технологічності.*

1. Кронштейн 6520Ф3- 36.71.00.011 має явно визначену просту і правильну корпусну форму з головними, допоміжними і закріплюючими отворами, що спрощує її базування в процесі механічної обробки, і спрощує процес отримання заготовки.

2. Деталь буде виготовлятися із сірого чавуну СЧ20 (за ГОСТ 1412-89), що володіє високими властивостями поглинання вібраційних коливань, добре обробляється, має добрі ливарні властивості. Вага кронштейна 6520Ф3-36.71.00.011 складає 12,85 кг. Це зумовлює особливі вимоги щодо транспортування і завантаження її на верстат. Фізико-хімічні і механічні властивості матеріалу виробу, її форма і розміри відповідають вимозі технології виготовлення.

3. Характеристики базових поверхонь (точність, шорсткість) виробу забезпечують можливість використання групового техпроцесу її виготовлення.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Обробка основних поверхонь реалізується напрохід і вимагає застосування високопродуктивного устаткування.

5. Конструкція кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 дозволяє застосовувати граничні калібри для контролю поверхонь і не потребує застосування унікального вимірювального інструменту.

*Забезпечення кількісних показників технологічності.*

Для розрахунку кількісних показників технологічності використаємо аналіз конструкції кронштейну 6520Ф3-36. 71.00.011. Дані занесемо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. - Дані для визначення кількісних показників технологічності

Поверхня, її розмір	Кількість	Квалітет	Шорсткість	Уніфікованість
∅ 60 Н7	2	7	1,25	+
615	2	14	2,5	+
25×12	4	14	10	+
102	2	14	10	-
103	2	14	1,25	-
М6-7Н	6	7	10	+
М8-7Н	4	7	10	+

1) Визначимо коефіцієнт точності:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{сер}}$$

де:  $T_{сер}$  – середній квалітет точності, що визначається:

$$T_{сер} = \frac{\sum T_i \cdot n}{\sum n}$$

Де:  $T_i$  – квалітет і-ї поверхні;

$n$  – число поверхонь даного квалітету.

$$T_{сер} = \frac{7 \cdot 12 + 14 \cdot 8}{20} = 9,8$$

$$k_T = 1 - \frac{1}{9,8} = 0,91$$

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{T.норм} = 0,8$$

$k_T > k_{T.норм}$  - деталь – кронштейн 6520Ф3- 36.71.00.011 технологічна за точністю.

2) Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{сер}}$$

де  $Ш_{сер}$  – усереднена шорсткість деталі, у мкм:

$$Ш_{сер} = \frac{\sum Ш_i \cdot n}{\sum n},$$

де  $Ш_i$  – шорсткість  $i$ -ї поверхні, у мкм;

$n$  – число поверхонь з певною шорсткістю.

$$Ш_{сер} = \frac{1,25 \cdot 4 + 2,5 \cdot 2 + 10 \cdot 14}{20} = 7,5 \text{ мкм,}$$

$$k_{ш} = 1 - \frac{1}{7,5} = 0,86$$

$$k_{ш.норм} = 0,8$$

$k_{ш} > k_{ш.норм}$  - деталь – кронштейн 6520Ф3-36.71.00.011 є технологічною за шорсткістю.

3) Коефіцієнт уніфікації визначається:

$$k_y = \frac{n_{уніф}}{n_{заг}},$$

де  $n_{уніф}$  – число уніфікованих поверхонь виробу;

$n_{заг}$  – загальна кількість поверхонь виробу.

$$k_y = \frac{18}{20} = 0,9$$

$$k_{y.норм} = 0,85$$

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_y > k_{y.норм}$  - деталь – кронштейн 6520Ф3-36.11.71.011 технологічна за ступенем уніфікації.

4) Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$k_{в.м} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}},$$

де:  $m_{дет}$  – маса деталі, в кг;

$m_{заг}$  – маса заготовки, в кг.

$$k_{в.м} = \frac{12,85}{14,6} = 0,88.$$

$$k_{в.м.норм} = 0,75$$

$K_{в.м} > K_{в.м.норм}$  - деталь – кронштейн 6520Ф3- 36. 71.00.011 є технологічною за ступенем використання матеріалу.

2.3. Вибір способу отримання заготовки та економічне обґрунтування

Заготовку деталі можна отримати наступними способами:

- 1) литтям в піщано-глинисті форми;
- 2) литтям у кокіль.

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал деталі СЧ20 за ГОСТ 1412-89, маса деталі 12,85 кг, тип виробництва масовий.

Вартість штучної заготовки:

$$S_{заг} = \left( \frac{S}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де  $q$  - маса деталі, в кг;

$k_m, k_c, k_g, k_n$  - коефіцієнти, залежно від класу точності та групи складності, а також маси, матеріалу та об'єму виробництва.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3. - Вибір способу одержання заготовки

Назви показників	1 вар.	2 вар.
1. Вид заготовки	Лиття в піщано-глинисті форми	Лиття в кокіль
2. Клас точності	8	8
3. Група серійності	3	3
4. Група складності	2	2
5. Вартість 1т матеріалу заготовки $S$ , в грн./т	760	840
6. Вартість 1т матеріалу стружки $S_{відх}$ , в грн./т	80	80
7. Маса заготовки $Q$ , в кг	14,6	13,9

Для першого варіанту:

$$S_{заг1} = \frac{760}{1000} \cdot 14,6 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,04 \cdot 1,0 - (14,6 - 12,85) \cdot \frac{80}{1000} = 7,85 \text{ грн.}$$

Для другого варіанту:

$$S_{заг2} = \frac{840}{1000} \cdot 13,9 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,04 \cdot 1,0 - (13,9 - 12,85) \cdot \frac{80}{1000} = 9,26 \text{ грн.}$$

Робимо висновок, що оптимальним варіантом є лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

Економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_e = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N = (9,26 - 7,85) \cdot 5000 = 7050 \text{ (грн.)}$$

#### 2.4. Вибір методів обробки поверхонь (за коефіцієнтом уточнення)

Основою методики вибору методу оброблення поверхонь є гіпотеза послідовного уточнення розмірів поверхні заготовки за економічно доцільними методами щодо точності розміру поверхні деталі. Заготовці надаємо уточнення

$\varepsilon_{у.заг}$  :

$$\varepsilon_{у.заг} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$$

де  $T_{заг}$ ,  $T_{дет}$  – це допуски розмірів заготовки і деталі відповідно.

Поверхню обробляємо послідовно чорновим, чистовим та викінчувальним способами; при цьому оброблення поверхні проходить в кілька етапів; на кожному з них поверхня уточнюється на величину:

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{yi} = \frac{T_{i-1}}{T_i},$$

де  $T_{i-1}, T_i$  - допуски на попередню і поточну обробки.

Розрахункове уточнення забезпечується різними методами обробки, кожний з них має свою ступінь уточнення. Заготовка, що підлягала всім методам обробки, має загальне уточнення, що дорівнює добутку уточнень, отриманих на кожному переході.

$$\varepsilon_y = \prod_{i=1} \varepsilon_{yi},$$

Ознакою того, що к-ть методів обробки поверхні виробу вибрано правильно, є нерівність:

$$\varepsilon_y \leq \varepsilon_{y.заг}.$$

Коефіцієнт уточнення дає кількість методів обробки  $n$ :

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{y.заг}}{0,46}.$$

Порядок вибору методів обробки наведемо на прикладі обробки поверхні  $\varnothing 60^{+0,030}$  ( $\varnothing 60$  H7). Точність заготовки – по 16 квалітету  $T_{заг.} = 1900$  мкм. Відповідно загальне уточнення:

$$\varepsilon_{y.заг} = \frac{1900}{30} \approx 63,3.$$

Число переходів обробки:

$$n = \frac{\lg 63,3}{0,46} = 3,9.$$

Приймаємо  $n = 4$  методів обробки.

Технологія оброблення отвору  $\varnothing 60$  H7 пропонується наступна:

- свердління ( $T_1 = 520$  мкм);
- розсвердлювання ( $T_2 = 120$  мкм);
- чистове розточування ( $T_3 = 74$  мкм);
- розвертання чистове ( $T_4 = 25$  мкм).

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідні уточнення :

$$\varepsilon_1 = \frac{1900}{460} = 4,1 ; \quad \varepsilon_1 = \frac{460}{120} = 3,9 ; \quad \varepsilon_1 = \frac{120}{46} = 2,6 ; \quad \varepsilon_1 = \frac{46}{25} = 1,84 ;$$

$$\varepsilon_v = 4,1 \cdot 3,9 \cdot 2,6 \cdot 1,84 = 76,5$$

Умова виконується.

Всі проведені розрахунки заносимо у таблицю 2.4. На поверхні, що не ввійшли в табл. 2.4, призначаємо однократне оброблення.

Таблиця 2.4. - Вибір методів обробки поверхонь деталі

Поверхня	Технологія обробки	$\varepsilon_{yi}$	$П\varepsilon_i$	$\varepsilon_{y.заг.}$
615±0,25	Чорнове фрезерування	4,25	9,35	9,2
	Чистове фрезерування	2,2		
102±0,14	Чорнове фрезерування	3,8	9,1	8,8
	Чистове фрезерування	2,4		
103±0,14	Чорнове фрезерування	3,8	9,1	8,8
	Чистове фрезерування	2,4		

2.5. Структурний аналіз і синтез 2-х варіантів технологічного процесу, визначення оптимального варіанту

Визначаємо технологічну собівартість:

$$C_m = 0,017 \cdot C_n \cdot T_{шт}$$

Як варіанти при обробці кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 крім заводського варіанту, слід розглянути наступні:

- операції 015-030 доцільно об'єднати та виконувати на горизонтально-фрезерно-свердлильно-розточному верстаті з ЧПК;
- операції 050-060 доцільно об'єднати та виконувати на горизонтально-фрезерно-свердлильно-розточному верстаті високої точності з ЧПК.

Розрахунок оптимального варіанту технологічного процесу обробки кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011 поданий в табл. 2.5 та 2.6.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5. - Розрахунок базового варіанту технологічного процесу обробки кронштейну  
6520Ф3-36.71.00.011

№ оп.	Назва операції	Модель верстату	Кількість верстатів	$\Sigma T_{ум}$ , хв.	$C_n$ , коп/год	$C_t$ , коп.
005	Горизонтально-розточна	2620В	1	10,0	420	71,40
010	Горизонтально-розточна	2620В	1	9,6	420	68,54
015	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	15,1	406	104,22
020	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	6,3	406	43,48
025	Радіально-свердлильна	2550	2	20,8	560	198,02
030	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	9,2	406	63,50
035	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	6,8	406	46,93
040	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	3,4	406	23,47
045	Горизонтально-фрезерна	6Р82В	1	7,7	460	60,21
050	Горизонтально-фрезерна	6Р82В	2	27,7	460	216,61
055	Горизонтально-розточна	2620В	1	32,1	420	229,19
060	Радіально-свердлильна	2550	3	9,6	560	91,39
						1236,97

Таблиця 2.6. - Розрахунок проектного варіанту технологічного процесу обробки кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011

№ оп.	Назва операції	Модель верстату	Кількість верстатів	$\Sigma T_{ум}$ , хв.	$C_n$ , коп/год	$C_t$ , коп.
005	Горизонтально-розточна	2620В	1	10,0	420	71,40
010	Горизонтально-розточна	2620В	1	9,6	420	68,54
015	Фрезерно-свердлильно-розточувальна з ЧНК	6906ВМФ2	1	36,5	670	415,74
020	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	6,8	406	46,93
025	Вертикально-фрезерна	6Р13	1	3,4	406	23,47
030	Горизонтально-фрезерна	6Р82В	1	7,7	460	60,21
035	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	6906ВМФ2	3	40,2	670	457,88
						1144,17

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ		Арк.
							22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Переходимо до визначення величини приведеної річної економії:

$$E_m = (C_b - C_n) \cdot N, \text{ у грн.}$$

де  $C_b$ ,  $C_n$  - вартість мехобробки варіантів, що порівнюються.

$$E_m = (1236,97 - 1144,17) \cdot 5000 = 464000 \text{ грн.}$$

Аналізуючи наведені результати розрахунку технологічна собівартість мехобробки за проектним варіантом є значно меншою, ніж за базовим. Це зроблено за рахунок підвищення продуктивності обробки і зменшення працемісткості порівняно з базовим варіантом техпроцесу.

На основі розрахунку пропонується наступний технологічний процес оброблення кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011.

Таблиця 2.7. - Технологічний процес оброблення кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011

№ оп.	Назва операції	Зміст технологічних переходів	Модель верстату
005	Горизонтально-розточна	Фрезерувати площину в р-р 15	2620В
010	Горизонтально-розточна	Фрезерувати бічну площину в р-р 83	2620В
015	Фрезерно-свердлильно-розточувальна з ЧПК	Фрезерувати площину В, торцьову сторону деталі в р-р 21,5; протилежну торцеву сторону в р-р 618 мм; опорну площину в р-р 104; другу опорну площину в р-р 103.	6906ВМФ2
		Свердлити 2 отв. Ø10 послідовно з перевстановленням	
		Розсвердлити 2 отв. Ø30 мм і 2 отв. Ø50 мм	
		Фрезерувати 4 пази 25×12 мм	
020	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати 4 пази під шайби в р-р 25	6Р13
025	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати уступ в р-р 11,5	6Р13
030	Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати 2 опорні площини в р-р 102	6Р82В
035	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Фрезерувати площину В в р-р 103; торцеву сторону в р-р 10; протилежну сторону деталі в р-р 615; Розточити Ø50 до Ø53; розточити Ø53 до Ø57; розточити Ø57 до Ø59,6; розточити Ø59,6 до $\begin{matrix} \text{Ø } 60^{-0,06} \\ \text{Ø } 60^{-0,1} \end{matrix}$ .	6906ВМФ2
		Розвернути $\begin{matrix} \text{Ø } 60^{-0,06} \\ \text{Ø } 60^{-0,1} \end{matrix}$ до Ø60 Н7	
		Свердлити 6 отв. Ø5; 6 отв. Ø6,8;	
		Нарізати 6 різей М6-7Н	
		Свердлити 3 отв. М6-7Н в протилежному торці деталі	

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6. Вибір та розрахункове обґрунтування технологічних баз

Зважаючи на службове призначення деталі, маємо: її основними базами є установочна площина В – що є основною установочною базою; напрямна база - торець 103×102, упорна база-торець 15×615.

Допоміжною установчою базою є площина 60×615 мм; допоміжною напрямною -поверхня торців 103×25 і допоміжною упорною - торець 102×103 мм.

Аналіз технічних умов показав, що напрямна база - площина 103×102 мм повинна бути перпендикулярною до установчої площини В з допуском 0,025 мм. Вісь отворів Ø60 Н7 повинна бути паралельною до нов. В з допуском 0,025 мм. Допуск овальності та конусоподібності отворів Ø60 Н7 - 0,02 мм.

Тому робимо такі висновки:

- самі жорсткі вимоги накладаються на виготовлення основної та допоміжної установчих баз;
- поверхні К і Е повинна оброблятися при встановленні деталі на базову площину В;
- обробка закріплювальних баз буде здійснюватись за базування на допоміжні бази;
- обробка вільних поверхонь здійснюється за базування залежно від зручності на основні чи допоміжні бази.

Оскільки на більш відповідальних операціях застосовують основні бази, тому їх потрібно обробляти першою чергою. Визначившись з питанням технологічних баз для більшості операцій, вибираємо бази для перших операцій. При цьому вирішуємо задачу забезпечення рівномірного припуску при розточуванні отвору Ø60 Н7. Нерівномірність припуску з'явиться на операції розточування внаслідок зміщення осі отвору в заготовці та осі обертання інструменту.

На рис. 2.1. а) зміщення зображено як замикаюча ланка  $A_{\Delta}$  розмірного ланцюга, складовими якого є ланки:  $A_1$  - відстань між віссю заготовки та

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічною базою;  $A_2$  – проміжок між віссю оброблювального отвору і цією ж базою.

На рис. 2.1. б і в наведені два варіанти базування, що відрізняються наступним: в 1-му випадку базування на напрямні бази відбувається на основну напрямну базу, а в 2-му на допоміжну напрямну базу кронштейна.

Провівши аналіз технологічних розмірних ланцюгів і похибок, отримуємо :

- в 1-му варіанті:

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega B_{\Delta} + \omega A_2 = 0,89 + 0,2 = 1,09 \text{ мм.}$$

- у 2-му варіанті:

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega B_1 + \omega B_2 + \omega A_2 = 0,35 + 0,2 + 0,89 = 1,44 \text{ мм.}$$

де:  $\omega A_{\Delta}$ ,  $\omega A_1$ ,  $\omega A_2$ ,  $\omega B_1$ ,  $\omega B_2$ ,  $\omega B_{\Delta}$  - похибки ланок розмірних ланцюгів;

$\omega A_2$  - сума похибок під час свердління, розсвердлювання та розгортання:

$$\omega A_2 = 0,74 + 0,12 + 0,03 = 0,89 \text{ (мм).}$$

Отже 2-й варіант базування забезпечить меншу нерівномірність припуску, а тому є оптимальним.

## 2.7. Детальна розробка оптимального варіанту технологічного процесу

### 2.7.1. Визначення допусків, припусків і операційних розмірів.

Проектування заготовки.

Мінімальний, максимальний і номінальний припуски на обробку за методом автоматичного отримання розмірів визначимо за наступними математичними залежностями.

Мінімальний припуск на обробку визначають:

- за послідовного оброблення протилежних поверхонь (односторонній припуск):

$$z_{i\min} = (R_z + T)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

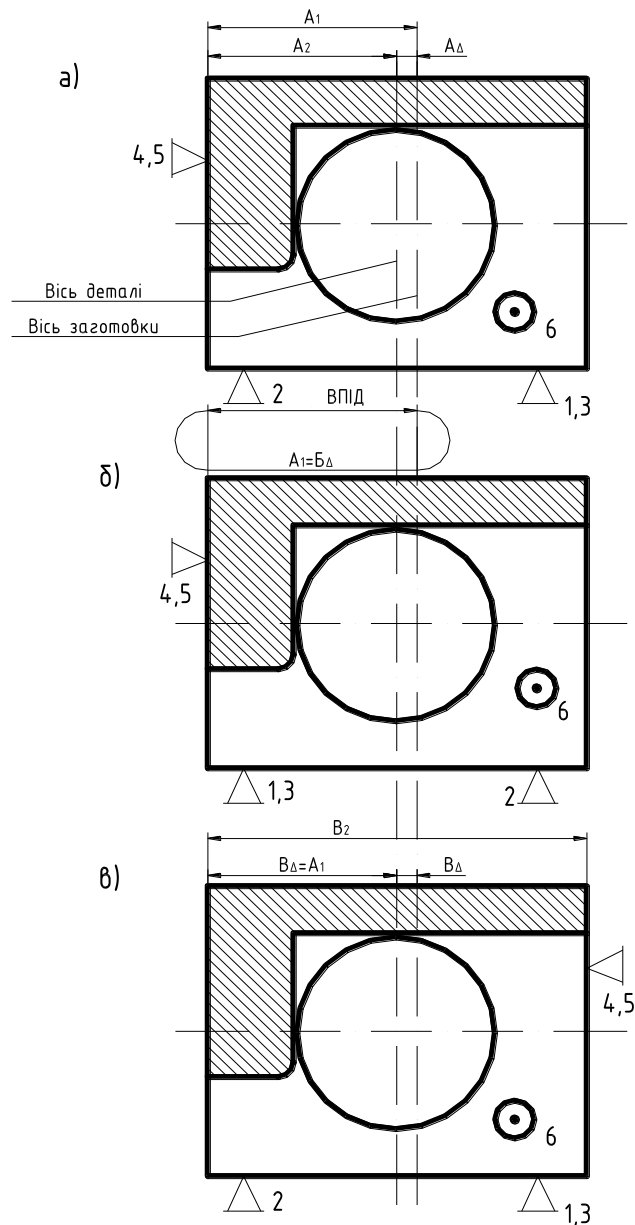


Рисунок 2.1 - Схеми базування

- за паралельного оброблення протилежних поверхонь (двосторонній припуск):

$$z_{i\min} = 2 \cdot [(R_z + T)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i]$$

- при обробленні зовнішніх і внутрішніх протилежних поверхонь:

$$z_{i\min} = 2 \cdot [(R_z + T)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}]$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У формулах  $R_{i-1}$  є висотою нерівностей профілю на попередньому переході;  $h_{i-1}$  є глибиною дефектного поверхневого шару на попередньому переході (безвуглецевий або відбілений шар);  $\rho_{i-1}$  - сумарні відхилення поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співосності, відхилення симетричності, перетину осей та позиційне, а в деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення площинності, прямолінійності на попередньому переході);  $\varepsilon_i$  - похибка встановлення деталі на виконуваному переході.

Визначаємо номінальний припуск на обробку:

- зовнішніх поверхонь (односторонній):

$$z_i = z_{i\min} + ei_{i-1} + ei_i$$

- зовнішніх поверхонь (двосторонній):

$$Z_i = Z_{i\min} + ei_{Di-1} + ei_{Di}$$

- внутрішніх поверхонь (односторонній):

$$z_i = z_{i\min} + ES_{i-1} + ES_i$$

- внутрішніх поверхонь (двосторонній):

$$Z_i = Z_{i\min} + ES_{Di-1} + ES_{Di}$$

Де:  $ei_{i-1}$ ,  $ei_{Di-1}$ ,  $ei_i$ ,  $ei_{Di}$  - нижні відхилення розміру на попередньому і виконуваному переходах;

$ES_{i-1}$ ,  $ES_{Di-1}$ ,  $ES_i$ ,  $ES_{Di}$  - верхні відхилення розмірів відповідно на попередньому і виконуваному переходах;

$ei_{Di-1}$ ,  $ei_{Di}$ ,  $ES_{Di-1}$ ,  $ES_{Di}$  - відхилення розмірів, що є діаметральними.

Визначати номінальні припуски потрібно для визначення номінальних розмірів формотворних елементів технологічного оснащення (штампів, прес-форм, моделей, пристроїв).

Визначення максимального припуску на обробку:

- зовнішніх поверхонь (односторонній):

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_{i\min} = z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i$$

- зовнішніх поверхонь (двосторонній):

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i$$

- внутрішніх поверхонь (односторонній):

$$z_{i\max} = z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i$$

- внутрішніх поверхонь (двосторонній):

$$Z_{i\min} = Z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i$$

де  $Td_{i-1}$ ,  $TD_{i-1}$  - допуски розмірів на попередньому переході;

$Td_i$ ,  $TD_i$  - допуски розмірів на поточному переході.

Визначимо припуск для обробки отвору  $\varnothing 60$  H7 кронштейну - 6520Ф3.36.71.00.011 в системі MATH CAD.

Припуски на механічну обробку, основні розміри заготовки та їх відхилення для всіх поверхонь заготовки заносимо в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Припуски та розміри заготовки

Розмір деталі, мм	Допуск заготовки, мм	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
615	6,3	8,5	0,64	620±3,2
102	2,0	2,5	0,2	102±1,0
103	2,0	2,5	0,2	103±1,0

### 2.7.2. Розмірний аналіз технологічного процесу.

Виходячи з креслення деталі, маємо:

$$A_1 = 615 \pm 0,75;$$

$$A_2 = A_4 = 12^{+0,43};$$

$$A_3 = A_5 = 15^{+0,43};$$

$$A_6 = \varnothing 60^{+0,03}.$$

Тоді:

$$S_4 = 615 \pm 0,75;$$

$$S_5 = 12^{+0,43};$$

$$S_6 = 15^{+0,43};$$

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_6 = 15^{+0,43};$$

$$S_8 = 12^{+0,43};$$

$$2S_{11} = \varnothing 60^{+0,03}.$$

Так як замикаючою ланкою є розмір припуску, то результат буде наступний (ланцюг 8):

$$Z_2 + S_4 - S_3 = 0$$

Оскільки  $z_{2\min} = 1,0$  мм; то

$$[Z_{2\min}] = S_{3\min} - S_{4\min} \dots$$

$$S_{3\min} = S_{4\min} + [Z_{2\min}] = 615,75 + 1,0 = 616,75 \text{ мм.}$$

Допуск розміру  $S_3$  - за 12 квалітетом і складає 1,25 мм. Тоді :

$$2S_{1\max} = 616,75 + 1,25 = 618,0 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $S_3 = 618_{-1,25}$  мм.

Припуск на обробку :

$$[Z_2] = S_3 - S_4 = 618_{-1,25} - (615 \pm 0,75) = 3_{-2,0}^{+0,75} \text{ мм.}$$

Результати розрахунку інших ланок (в мм):

$$S_1 = 620,0_{-0,8}^{+0,7};$$

$$S_3 = 618_{-1,25} \text{ мм.}$$

$$S_2 = 619,5 \pm 0,75$$

$$Z_1 = 623 \pm 3,2$$

$$2S_{11} = 58 \pm 0,25$$

$$2S_{12} = 59,6 \pm 0,05$$

$$2S_{13} = 60_{-0,03}.$$

### 2.7.3. Визначення режимів різання та вибір технологічного устаткування.

Розрахуємо режими різання для оброблення деталі кронштейн - 6520Ф3.36.71.00.011.

Призначення режимів різання та вибір обладнання аналітичним способом наведемо на прикладі операції фрезерування.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 005 вертикально-фрезерна.

1. Характер обробки чорновий.
2. Інструментом є фреза торцева насадна зі вставними ножами, що містить пластини з твердого сплаву ВК8. Геометричні параметри фрези:  $D=125$  мм,  $d = 40$  мм,  $z = 10$ .
3. Максимальна величина обробки  $B$  складає 120 мм.
4. Максимальна глибина різання  $t$  складає 2 мм.
5. Подача на зуб:  $S_z = 0,5$  мм/зуб.
6. Середнє значення стійкості фрези  $T = 240$  хв., згідно з [15], табл. 40, ст. 290.
7. Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v,$$

де:  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коефіцієнти, що залежать від певних умов роботи (приймаємо, згідно [10], табл. 23).

$k_v$  - узагальнений коефіцієнт, що залежить від якості оброблювального матеріалу (коефіцієнт  $k_{mv}$ ), стану поверхні заготовки (коефіцієнт  $k_{nv}$ ), інструментального матеріалу ( $k_{uv}$ ):

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}.$$

Приймаємо:

$$k_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{220} \right)^{0,9} = 0,85$$

Згідно з таблицею 5, 6 [10],  $k_{nv} = 1,0$ ;  $k_{uv} = 1,4$

$$k_v = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 1,22$$

$$v = \frac{445 \cdot 125^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,35} \cdot 120^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,22 = 98,1 \text{ м/хв.}$$

8. Визначимо частоту обертання шпинделя:

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 98,1}{3,14 \cdot 125} = 249,7 \text{ хв}^{-1}$$

Беремо  $n = 250 \text{ хв}^{-1}$

9. Сила різання визначається:

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

Згідно 3 табл. 1, 2 ст. 261-262, [15], табл. 41, ст. 291 приймаємо:

$C_p = 54,5; x = 0,9; y = 0,74; u = 1,0; q = 1,0; w = 0.$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,5^{0,74} \cdot 120^1 \cdot 10}{125^1 \cdot 250^0} \cdot 1,2 = 3,6 \text{ (кН)}.$$

10. Визначимо ефективну потужність різання:

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.39)$$

$$N_{ef} = \frac{3600 \cdot 98}{1020 \cdot 60} = 5,8 \text{ кВт.}$$

11. Визначимо дійсну потужність різання:

$$N_o = \frac{N_{ef}}{ККД} \quad (2.40)$$

$$N_o = \frac{5,8}{0,8} = 7,25 \text{ кВт.}$$

Беремо верстат мод. 6P11 (потужність головного приводу 7,5 кВт).

Уточнимо режими різання за паспортними характеристиками обраного верстата:

Приймаємо  $n = 250 \text{ хв}^{-1}$ ;

$$\text{Приймаємо } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 125 \cdot 250}{1000} = 98,1 \text{ м/хв.},$$

Приймаємо  $S_{xв} = 500 \text{ мм/хв.};$

Для інших операцій режими різання заносимо в таблицю 2.9.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9. - Режими різання

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	D або B, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, хв. <sup>-1</sup>	V, м/хв	Модель верстату
005	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати площину в р-р 15	120	750	2	2	160	250	98	6P13
010	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати бічну площину в р-р 83	125	750	3	2	160	250	108	6P13
015	Фрезерно-свердлильно-розточувальна з ЧПК	Фрезерувати площину В	125	750	2	2	160	160	62	6906ВМФ2
		Фрезерувати торцьову сторону деталі в р-р 21,5	125	110	2	2	160	160	62	
		Фрезерувати протилежну торцеву сторону в р-р 618 мм	125	110	2	2	160	160	62	
		Фрезерувати опорну площину в р-р 104	40	650	2	1	125	125	16	
		Фрезерувати другу опорну площину в р-р 103	40	650	2	1	125	125	16	
		Свердлити 2 отв Ø10 послідовно з перевстановленням	10	30	5	2	0,4	500	12	
		Розсвердлити 2 отв Ø30 мм 3 перевстановленням	30	30	10	9	0,4	200	17	
		Розсвердлити 2 отв Ø50 мм 3 перевстановленням	50	30	10	2	0,4	100	16	
		Фрезерувати 4 пази 25×12 мм	12	25	6	4	31,5	500	19	
020	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати 4 пази під шайби в р-р 25	25	25	12,5	4	31,5	500	38	6P13
025	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати уступ в р-р 11,5	20	110	10	1	125	250	160	6P13
030	Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати 2 опорні площини в р-р 102	150	650	0,5	2	0,75	250	108	6P82В
035	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Фрезерувати площину В в р-р 103	125	750	1,5	2	215	400	157	6906ВМФ2
		фрезерувати торцеву сторону в р-р 10	125	120	1,5	1	160	400	157	
		Фрезерувати протилежну сторону деталі в р-р 615	125	120	1,5	1	160	400	157	

017Б-24.00.00.00.000 ПЗ

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	D або B	L	t, мм	i	S, мм/об	n, хв. <sup>-1</sup>	V, м/хв	Модель верстату
		Розточити Ø50 до Ø53 напрохід в торці деталі	53	30	1,5	1	40	200	31	
		Розточити Ø50 до Ø53 напрохід в протилежному торці деталі	53	30	1,5	1	40	200	31	
		Розточити Ø53 до Ø57 напрохід в торці деталі	57	30	2	1	40	200	36	
		Розточити Ø53 до Ø57 напрохід в протилежному торці деталі	57	30	2	1	40	200	36	
		Розточити Ø57 до Ø59,6 напрохід в торці деталі	59,6	30	1,4	1	31,5	200	37	
		Розточити Ø57 до Ø59,6 напрохід в протилежному торці деталі	59,6	30	1,4	1	31,5	200	37	
		Розточити Ø59,6 до Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> напрохід в торці деталі	60	30	0,2	1	20	315	60	
		Розточити Ø59,6 до Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> напрохід в протилежному торці деталі	60	30	0,2	1	20	315	60	
		Розвернути Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> до Ø60 H7 напрохід в торці деталі	60	30	0,05	1	40	315	60	
		Розвернути Ø60 <sup>-0,06</sup> <sub>-0,1</sub> до Ø60 H7 напрохід в протилежному торці деталі	60	30	0,05	1	40	315	60	
		Свердлити 3 отв Ø5 в торці деталі	5	30	2,5	1	0,35	1000	16	
		Свердлити 3 отв Ø5 в протилежному торці деталі	5	30	2,5	1	0,35	1000	16	
		Свердлити 3 отв Ø6,8 в торці деталі	6,8	30	3,4	1	0,35	1000	16	
		Свердлити 3 отв Ø6,8 в протилежному торці деталі	6,8	30	3,4	1	0,35	1000	16	
		Нарізати 3 різі М6-7Н в торці деталі	6	30	0,5	3	1,0	100	3	
		Нарізати 3 різі М6-7Н в протилежному торці деталі	6	30	0,5	3	1,0	100	3	

017Б-24.00.00.000 ПЗ

#### 2.7.4. Нормування технологічного процесу.

У масовому виробництві визначається штучно норма часу  $T_{шт}$ :

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{доп} + T_{об} + T_{в}$$

де:  $T_{осн}$  - є основним часом;

$T_{доп}$  - є допоміжним часом;

$T_{об}$  - є часом на обслуговування робочих місць;

$T_{в}$  - є часом на відпочинок і природні потреби.

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{з.в.} + T_{к} + T_{вим}$$

де:  $T_{в.з.}$  - є часом на встановлення заготовки і зняття обробленої деталі;

$T_{з.в.}$  - є часом на закріплення заготовки та відкріплення деталі;

$T_{к}$  - є часом на способи керування верстатами;

$T_{вим}$  - це час на вимірювання.

Сумарний час на обслуговування робочих місць і на відпочинок робітників і природні потреби; приймаємо рівним 9% від  $T_{он}$ .

$$T_{об} + T_{в} = 0,09T_{он},$$

операційний час:  $T_{он} = T_{осн} + T_{доп}$ .

Нормування технологічного процесу можна навести на прикладі для обробки деталі кронштейн 6520Ф3.36.7100.011.

Операція 005 Вертикально-фрезерна.

Основний час обробки:  $T_o = \frac{L \cdot i}{S} = \frac{750 \cdot 2}{160} = 9,4$  (хв.).

Допоміжний час  $T_{доп.}$ :  $T_{доп.} = T_{в.з.} + T_{з.в.} + T_{к} + T_{вим} = 5,35$  хв.

де  $T_{в.з.} = 2,5$  хв.;

$T_{з.в.} = 2,0$  хв.;

$T_{к} = 0,5$  хв.;

$T_{вим} = 0,35$  хв.

Операційний час:  $T_{он} = T_{осн.} + T_{доп.} = 9,4 + 5,35 = 14,7$  хв.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 2.10. - Норми часу на технологічній операції для деталі 6520Ф3-36.11.07.011

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	$T_{осн}$ (хв.)	$T_{доп}$ (хв.)	$T_{об} + T_{в}$ (хв.)	$T_{шт}$ (хв.)
005	Вертикально-фрезерна	фрезерувати площину в р-р 15	9,4	5,35	1,3	16,0
010	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати бічну площину в р-р 83	9,4	5,35	1,3	16,0
015	Фрезерно-свердлильно-розточувальна з ЧПК	Фрезерувати площину В	9,3	6,9	3,2	42,0
		Фрезерувати торцьову сторону деталі в р-р 21,5	1,4			
		Фрезерувати протилежну торцеву сторону в р-р 618 мм	1,4			
		фрезерувати опорну площину в р-р 104	5,2			
		Фрезерувати другу опорну площину в р-р 103	5,2			
		Свердлити 2 отв $\varnothing 10$ послідовно з перевстановленням	0,2			
		Розсвердлити 2 отв $\varnothing 30$ мм з перевстановленням,	0,75			
		Розсвердлити 2 отв $\varnothing 50$ мм з перевстановленням	1,5			
	Фрезерувати 4 пази $25 \times 12$ мм	3,5				
020	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати 4 пази під шайби в р-р 25	3,5	1,5	0,45	5,45
025	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати уступ в р-р 11,5	0,7	1,2	0,2	2,1
030	Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати 2 опорні площини в р-р 102	5,5	3,5	0,2	9,2
035	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Фрезерувати площину В в р-р 103	9,4	12,6	3,1	38,3
		Розточити $\varnothing 50$ до $\varnothing 53$ напрохід в протилежному торці деталі	1,0			
		Розточити $\varnothing 53$ до $\varnothing 57$ напрохід в торці деталі	0,9			

017Б-24.00.00.00.000 ПЗ

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	$T_{осн}$ (хв.)	$T_{дон}$ (хв.)	$T_{об} + T_{е}$ (хв.)	$T_{шт}$ (хв.)
		Розточити $\varnothing 53$ до $\varnothing 57$ напрохід в протилежному торці деталі	0,9			
		Розточити $\varnothing 57$ до $\varnothing 59,6$ напрохід в торці деталі	0,9			
		Розточити $\varnothing 57$ до $\varnothing 59,6$ напрохід в протилежному торці деталі	0,9			
		Розточити $\varnothing 59,6$ до $\varnothing 60_{-0,1}^{-0,06}$ напрохід в торці деталі	0,5			
		Розточити $\varnothing 59,6$ до $\varnothing 60_{-0,1}^{-0,06}$ напрохід в протилежному торці деталі	0,5			
		Розвернути $\varnothing 60_{-0,1}^{-0,06}$ до $\varnothing 60$ H7 напрохід в торці деталі	0,5			
		Розвернути $\varnothing 60_{-0,1}^{-0,06}$ до $\varnothing 60$ H7 напрохід в протилежному торці деталі	0,5			
		Свердли 3 отв $\varnothing 5$ в торці деталі	0,3			
		Свердли 3 отв $\varnothing 5$ в протилежному торці деталі	0,3			
		Свердли 3 отв $\varnothing 6,8$ в торці деталі	0,3			
		Свердли 3 отв $\varnothing 6,8$ в протилежному торці деталі	0,3			
		Нарізати 3 різі М6-7Н в торці деталі	1,0			
		Нарізати 3 різі М6-7Н в протилежному торці деталі	1,0			

017Б-24.00.00.00.000 ПЗ

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування пристрою для фрезерування бічної поверхні кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011

3.1.1. Вибір принципу дії, структурної схеми.

За розрахунками, наведеними у розділі 2.1., організаційною формою виробництва є потокова форма і виникає необхідність у проектуванні універсальних пристроїв для кронштейну 6520Ф3-36.71.00.011. Даний пристрій використовується при виконанні вертикально-фрезерної операції 005 для послідовного фрезерування бічної поверхні в розмір 103 мм.

Враховуючи різні конфігурації та розміри групи деталей групи, використовуються спеціальні змінні елементи, що дозволяє звести до мінімуму час на переналагодження верстату при переході на виготовлення деталі іншого виконання та типорозміру.

При цьому встановлюється заготовка по чорнових базах - площинах 110×575 і обробляється послідовно бічна поверхня в розмір  $105 \pm 0,5$  мм і  $103_{-0,32}$  мм.

Як силовий елемент використовується силовий гідравлічний привід. Це зумовлюється великими габаритами деталі та інтенсивними режимами різання.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. - Встановлення раціональної схеми компоновки пристрою

Критерій оцінки	Оптимальний коефіцієнт підсилення	Наявність властивості самогальмування	Кількість передавальних механізмів	Наявність проміжної ланки	Компактність	Критерій оцінки компонувальних схем за коефіцієнтом ваги
Номер схем	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_{\Sigma n}$
1	1	1	1,3	0,75	1,5	0,72
2	0,5	1	1,3	0,75	1,5	0,47
3	1	1	1,2	0,85	1,1	0,7

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи критерії оцінки компоновочних схем вибираємо схему 1, яка має найбільший коефіцієнт ваги.

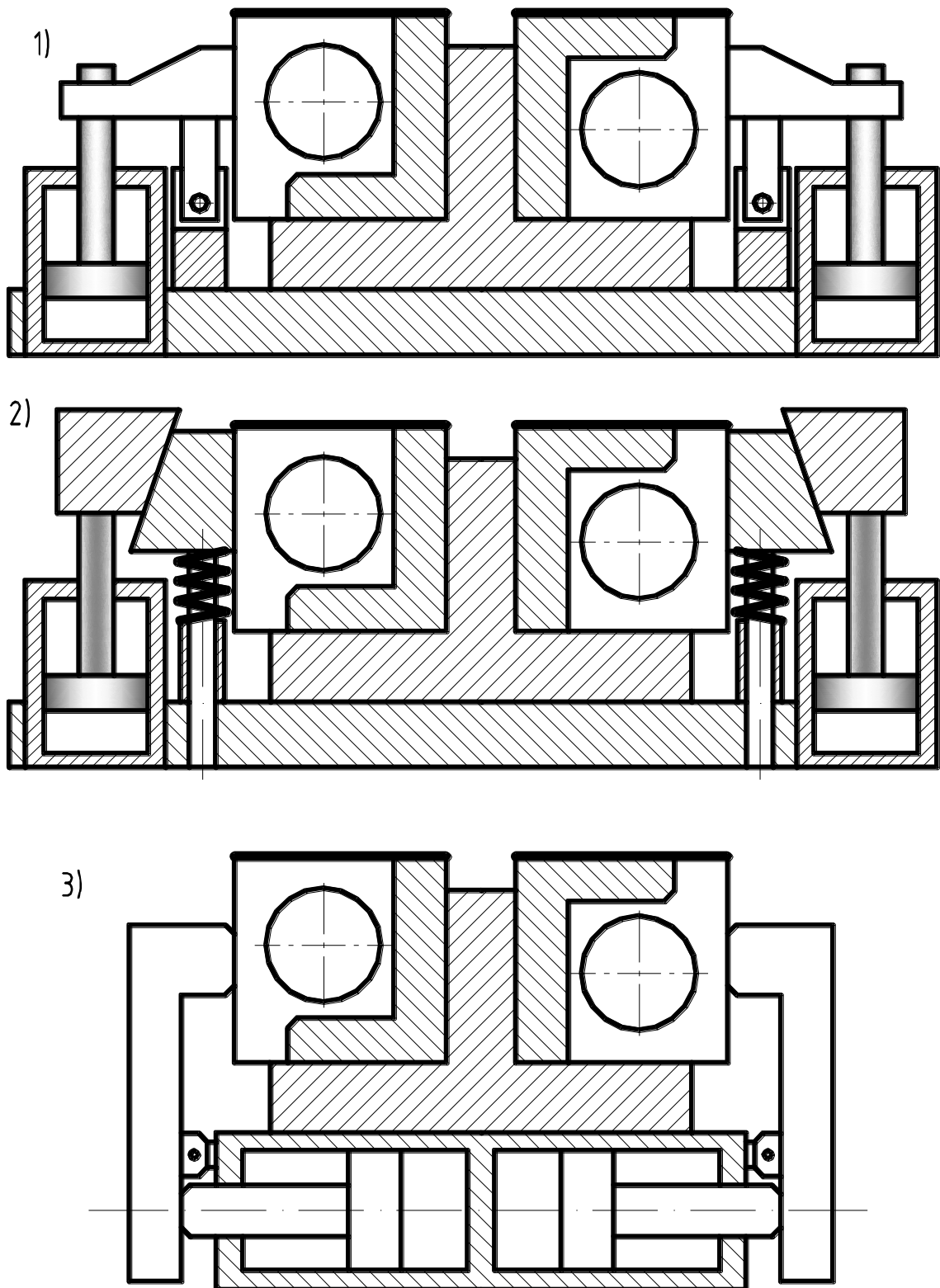


Рисунок 3.1 - Компоновочні схеми пристроїв

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

017Б-24.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

38

### 3.1.2. Розрахунки пристрою на точність.

На точність обробки впливає багато факторів, що викликають сумарну похибку  $\Delta_{\Sigma}$ :

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \cdot \sqrt{(K_1 \Delta \varepsilon_y)^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_i)^2 + (K_5 \Sigma \Delta_{\varepsilon})^2 + (K_6 \Sigma \Delta_t)^2}$$

де:  $K$  - коефіцієнт розсіювання вихідного параметру (або коефіцієнт ризику);  
 $K = 0,683$ ;

$K_1 - K_6$  - коефіцієнти законів розподілу похибок; згідно з [10],  
приймаємо:  $K_1 = K_2 = K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$ ;

$\Delta \varepsilon_y$  - похибка установки заготовки;

$\Delta_y$  - похибка обробки заготовки;

$\Delta_n$  - похибка наладки технологічної системи;

$\Delta_i$  - похибка зношення ріжучого інструмента;

$\Sigma \Delta_{\varepsilon}$  - сумарна похибка верстата;

$\Sigma \Delta_t$  - сумарна похибка при зміні температури.

1. Похибка установки  $\Delta \varepsilon_y$  характеризує відхилення фактичного положення закріпленої деталі від потрібного теоретичного:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка при базуванні заготовки у пристрої;

$\varepsilon_3$  - похибка при закріпленні заготовки;

$\varepsilon_{np}$  - похибка зміни положення заготовки у пристрої.

1.1. Похибка базування  $\varepsilon_{\delta} = 0$ , бо конструкторські бази співпадають з технологічними.

1.2. Похибка закріплення  $\varepsilon_3 = 0$ , бо цей пристрій передбачається оснащувати пневматичним затискним механізмом, який забезпечить постійність сили затиску.

1.3. Похибка положення заготовки у пристрої  $\varepsilon_{np}$ , яка залежить від неточності виготовлення пристрою  $\varepsilon_{\delta}$  та зношення його

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установочних елементів  $\varepsilon_{зн}$  та похибки установки самого пристрою на верстаті  $\varepsilon_{вст}$ .

$$\overline{\varepsilon_{пр}} = \overline{\varepsilon_{\theta}} + \overline{\varepsilon_{зн}} + \overline{\varepsilon_{вст}}$$

Технологічні можливості виготовлення оснастки забезпечують похибку  $\varepsilon_{\theta}$  що лежить в межах 10-15 мкм [3]. Беремо  $\varepsilon_{\theta} = 10$  мкм.

Величина зношення установочих елементів  $\varepsilon_{зн}$ :

$$\varepsilon_{\theta} = \beta \cdot N^n;$$

де  $N$  – к-ть контактів заготовки з установочними елементами оснастки;  
 $\beta$  - постійна величина, що залежить від виду установочих елементів.

$$\varepsilon_{зн} = 0,005 \cdot 3 = 0,015 \text{ мкм.}$$

Похибку встановлення пристрою на верстаті приймаємо рівною:

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{0,02^2 + 0,015^2 + \dots \varepsilon_{вст}} = \sqrt{0,02^2 + 0,01^2 + 0,015^2} = 0,03 \text{ мм.}$$

2. Похибку оброблення заготовки  $\Delta_y$  приймаємо рівною 100 мкм [14].

3. Похибку налагодження ТС  $\Delta_n$  визначимо як:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \Delta_p)^2 + (K_{вим} \Delta_{вим})^2},$$

де  $K_p$ ,  $K_{вим}$  - коефіцієнти, які залежать від закону розподілу випадкових величин;

$\Delta_p$  - похибка з регулювання;

$\Delta_{вим}$  - похибка з вимірювання.

Згідно з [10], прийmemo:

$$\Delta_p = 30 \text{ мкм, } \Delta_{вим} = 50 \text{ мкм, } K_p = 1,14, K_{вим} = 1,0.$$

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 30)^2 + (1 \cdot 50)^2} = 59,4 \text{ мкм.}$$

4. Похибку зношення різального інструменту  $\Delta_i$ , згідно з [10], приймаємо рівною 50 мкм.

5. Сумарну похибку верстата  $\Sigma \Delta_{\theta}$  приймаємо рівною 80 мкм.

6. Сумарну температурну похибку  $\Sigma \Delta_t$ , приймаємо як 10...15% від  $\Delta_{\Sigma}$ .

Сумарна похибка:

									017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{0,683} \cdot \sqrt{(0,03)^2 + (0,1)^2 + (0,06)^2 + (1,73 \cdot 0,1)^2 + (1,73 \cdot 0,08)^2} = 0,18 \text{ мкм};$$

Загальна похибка:

$$\Delta_{\Sigma} = 0,18 \cdot 1,15 = 0,21 \text{ мкм.}$$

Згідно з кресленням деталі, допуск на оброблення становить 0,35 мм. Таким чином, умова  $\Delta_{\Sigma} \leq \text{ТА}$  виконується.

3.1.3. Розрахунок сили затиску  $n_f$  параметрів силового приводу.

Сила  $P_z$  під час фрезеруванні площини була визначена в розділі 2.7.3.

За розрахунком сила  $P_z = 3,6 \text{ кН}$ .

Виконуємо схему дії сил на цій операції (рис. 3.2).

Розрахуємо силу затиску  $W_1$ .

Рівняння рівноваги всіх сил на вісь  $X-X$  (рис. 3.2):

$$K_3 \cdot P_z = F_2 - F_1 \cdot f .$$

Звідси

$$W = K_3 \cdot P_z / n(1 - f) = 2,5 \cdot 3600 / 2(1 - 0,14) = 5232 \text{ Н.}$$

де  $f = 0,14$  - коефіцієнт тертя сталі і чавуну в положенні спокою [9].

$n = 2$  - кількість затискних механізмів в конструкції пристрою.

$K_3 = 2,5$  - коефіцієнт запасу [9].

Нормативний діаметр поршня гідроциліндра визначимо за формулою:

$$D_m = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5230}{\pi \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot 0,9}} = 0,053 \text{ м,}$$

де  $\rho = 10,0 \text{ МПа}$  - тиск олії в гідросистемі;

$\eta = 0,9$  - коеф. кор. дії гідроциліндра.

Прийmemo діаметр поршня 60 мм.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

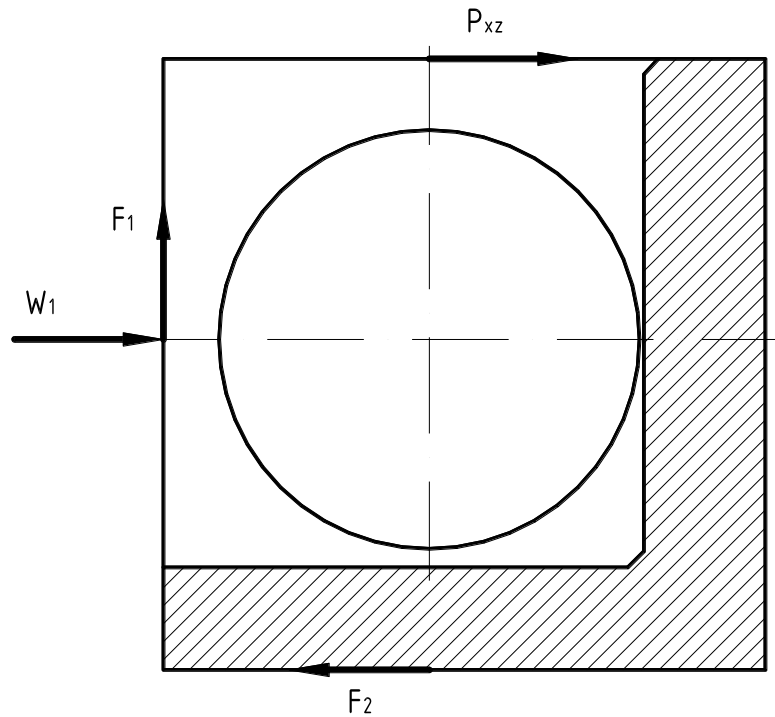


Рисунок 3.2 - Розрахунок сили затиску

#### 3.1.4. Опис конструкції і роботи пристрою.

Цей пристрій використовують при здійсненні вертикально-фрезерної операції 005 при послідовному фрезеруванні бічних поверхонь на розмір 103 мм.

Цей пристрій використовують також при виконанні поздовжньо-фрезерної операції 005 при послідовному фрезеруванні нижньої та верхньої поверхні корпусу 6520Ф3-3.35.00.011 на розмір  $219,3 \pm 0,1$  мм.

Пристрій містить з корпус 1, де базуються установчі та затискні елементи конструкції. Деталі установлюють на опори 4, 10, 12. Для направлення деталі служать упори 18.

Після установки деталі на стіл пристрою гідророзподільвачем масло подається в робочі порожнини гідроциліндрів. Затиск здійснюється безпосередньо прихватами 16, що обертаються навколо осі 42, що закріплена в кронштейні 17. При цьому зусилля передаються або через пальці 13. Положення пальців регулюється гайкою 34.

Настроювання фрези відбувається під щуп про установу 26, що закріплюється гвинтом 29 в упорі 18.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочою рідиною в гідросистемі є масло турбінне 22 (за ГОСТ 3211-83). Робочий тиск в системі складає 10 МПа. Технічні вимоги з виготовлення та складання оснастки наведені на складальному кресленні 0301.00000 СК. Інші технічні вимоги з виготовлення і складання оснастки вказані на складальному кресленні 0301.00000 СК.

Робочою рідиною в гідросистемі є масло турбінне 22 (за ГОСТ 3211-83). Робочий тиск в системі складає 10 МПа.

Гідросистему пристосування перевіряють на міцність і герметичність за тиску масла 12,5 МПа 5 хвилин. Витік рідини через ущільнення гідросистеми пристрою не допускається.

### 3.2. Проектування пристрою для контролю перпендикулярності

#### 3.2.1. Опис конструкції і роботи пристрою.

Пристосування призначене для контролю перпендикулярності торців відносно поверхонь А і Г у кронштейні 6520Ф3-36.71.00.01.

Пристосування містить оправку 1, на яку нерухомо встановлюється диски 4 і 5 з упором 2, що створює упорну базу його в деталі. Гнучкість конструкції пристосування полягає в можливості його вимірювати відхилення перпендикулярності осі отвору до торця деталі через специфічну конструкцію диска 8, що містить цілий набір базових поверхонь від  $\varnothing 55$  до  $\varnothing 60$ . Довжина вимірюваної деталі може бути довільною по довжині оправки 1 - до 600 мм. Вимірювання відхилення здійснюється на протилежній до базової частині отвору. На оправку 1 вставляється безпосередньо в отвір  $\varnothing 60$  Н7 за допомогою 2-х дисків – поз.4. Па втулку 6 закріплюється упор 2 і корпус 7 з індикатором 34. Хомут можна повертати за ручку упору на  $360^\circ$ , і за шкалою індикатора фіксують подвійне значення відхилення. Одягається хомут 9 з закріпленням на нього упором 2 та корпусом 3, що містить індикатор 39.

Відхилення не повинно перевищувати величину 0,02 мм. Допуск співвідношенні по  $\varnothing 60$  Н7 на різних кінцях оправки - 0,05 мм. Диски 4 та 5 притирають до оправки 1, роблячи зазор, що не перевищує 0,003 мм.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Характеристика дільниць механічного оброблення деталі з точки зору техніки безпеки

4.1.1. Внутрішнє планування дільниці із врахуванням вимог щодо безпеки праці, санітарії і пожежних вимог.

Згідно завдання на ДР розроблено дільницю механічної обробки валу вібростою для можливості перемішування суміші сипких матеріалів. Для розробки внутрішнього планування дільниці як вихідні дані є: техпроцес механічної обробки деталі; перелік обладнання, кількість та габарити; річна програма виготовлення.

Цех та розміщення обладнання в дільниці визначається згідно норм та вимог за СНіП-II-92-86 “Виробничі приміщення та норми проектування”.

На дільниці механічної обробки валу верстати розміщуються по ходу виконання технологічного процесу. Обладнання встановлене в лінію, а по проходу воно розташовані під кутом. Ділянки, зайняті верстатами, мають бути, за можливістю, мінімальними. Відстані між обладнанням, стінами і колонами приміщення приймемо згідно рекомендацій [9]. Відстані вибирають залежно від габаритів обладнання, що становлять 2000×4000 мм, тоді під час планування дільниці будемо використовувати такі параметри:

- $v = 1500$  мм – це відстань між обладнанням (за розміщення в “потилицю”);
- $e = 800$  мм – це відстань від стін чи колон будови до задньої чи бокової частини верстата;
- $A = 3000$  мм – це ширина проходу між рядами обладнання [9];
- $B = 3500$  мм – це відстань між рядами обладнання.

									017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

4.1.2. Санітарні та гігієнічні характеристики умов праці на дільниці і порівняння їх з нормативами.

Фізична праця на дільниці роботою середньої категорії важкості - 2-а, за ГОСТ 12.1.005-88. Для нормальних метеорологічних умов у робочій зоні у виробничому приміщенні встановлені норми метеорологічних умов, що включені у санітарні норми при проектуванні промислового підприємства. Норми (за табл. 4.1.) враховують і пори року, і характер виробничого приміщення, і ступінь важкості при виконванні робіт зі створення належних умов праці.

Покращення освітлення на робочу поверхню покращує контрастну чутливість, гостроту розрізнення, швидкість розрізнення та тривалість чіткого бачення, що позитивно впливає на високу продуктивність роботи і якість роботи.

Таблиця 4.1. – Оптимально-допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у виробничих приміщеннях (категорія робіт ІІа)

Період року	Температура, °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, %		
	Допустима								
	Оптимальна	Верхня зона		Нижня зона					
		На робочих місцях							
	Постійний	Не постійний	Постійний	Не постійний	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	
Холодний	18-20	23	24	17	16	40-60	75	0,2	0,30
Теплий	21-23	27	29	18	17	40-60	65 при 27°	0,3	0,2÷0,4

Параметри освітлення, які є важливими для створення нормальних умов, визначаються за СНП ІІ-4-89.

На зорову роботу максимальний вплив мають розміри об'єкту, вирізнення на контрольних операціях. Якщо ми маємо дрібносерійний тип виробництва, при якому основними засобами з контролю є універсальний інструмент (штангенциркуль) і калібри (скоба, шаблони і контршаблони) для дільниці виготовлення корпусу розряд зорових робіт - 4а. Параметри штучного та природного освітлення наведено в таблиці 4.2.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Джерелом шуму в дільниці є технологічне обладнання. Шум появляється в результаті пружних коливань, відповідно звукових хвиль, що створюються верстатами та окремими його частинами.

Виробничий шум на дільниці відповідає другому класу. Середня частота шуму складає від 60 до 120 Гц, що виникає від верстатів неударної дії. За ГОСТ 12.1.003-83 рівень звуку на дільниці не перевищує 85 дБ.

Вібрація теж шкідливо впливає на людину. Рівень вібрації відповідає ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ.

4.1.3. Аналіз конструкції верстатів і пристроїв згідно умов безпеки експлуатації.

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку машин, обладнання і механізмів, є огорожувальні та запобіжні пристрої, сигналізація щодо безпеки, дистанційне керування процесами і спеціальні засоби технічної безпеки.

Таблиця 4.2. – Норми природного та штучного освітлення

Параметри зорової роботи			При середній точності	
Найменший розмір об'єкта розрізнення, у мм			0,5...1	
Розряд зорової роботи			4	
Підрозряд зорової роботи			а	
Контраст об'єкту при розрізненні з фоном			Середній	
Параметри фону			Темний	
Штучне освітлення	Освітленість, ЛК	За комбінованого освітлення	750	
		за загального освітлення	300	
Природне освітлення	КПО К <sub>н</sub> , %	При комбінованому освітленні		4
		За бокового освітлення	В зоні зі стійким сніговим покривом	1,2
			На іншій території	1,5
Суміщене освітлення	КПО Е <sub>н</sub> , %	За верхнього або верхнього і бокового освітлення		2,4
		За бокового освітлення	В зоні з стійким сніговим накривом	0,7
			На інших територіях	0,9

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3. - Допустимі норми рівня звуку

На робочих місцях	Рівень звукового тиску, в дБ, в октавних полюсах з середньометричними частотами, Гц								Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку
	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних місцях	99	92	87	83	81	78	77	74	82

Таблиця 4.4. - Санітарні норми за одночислових показників вібраційного навантаження на працівника за тривалості змін 8 годин

Види вібрації	Категорія вібрацій згідно санітарних норм	Напрямок дій	Нормативні, кориговані за частотою та еквівалентні кориговані значення			
			віброшвидкість		Віброприскорення	
			м/с	дБ	м/с <sup>2</sup>	дБ
Локальна, загальна	III	$X_0, Y_0, Z_0$	0,0002	93	0,1	100

Таблиця 4.5. - Допустимі параметри при вібрації

Напрямок, за яким нормується вібрація	Середньоквадратичне значення швидкості, у м/с							
	Логарифмічні значення віброшвидкості в активних полюсах з середньоквадратичними частотами, у Гц							
	1	2	4	8	16	31,5	63	125
Вертикальний	-	1,3	0,45	0,45	0,22	0,20	0,20	0,20
Горизонтальний	-	107	98	98	92	92	93	92

Складові верстатів і пристроїв, що мають рух і обертаються, створюють небезпеку для робочих. Відповідно на верстатах встановлюють загороджувальні і захисні пристрої, що ізолюють робітника від небезпечних рухомих і обертальних частин пристосувань, вузлів та механізмів, зон відокремлення часток металу, небезпечних зон, що під напругою.

На фрезерному обладнанні для захисту працівника від відлітаючої стружки ставимо навколо фрез завісу з тонкого м'якого металевого дроту.

Розміщення ручок керування з розподільними кранами на пристроях спроектовано для забезпечення економії рухів, що виключає незручні, вимушені положення тіла.

#### 4.1.4. Рівень механізації та автоматизації ручних робіт.

З причини значної ваги заготовок виникає потреба в механізації ручної

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	017Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

роботи для зменшення втомлюваності працівника і підвищення продуктивності праці. Підвезення заготовок до 1-го робочого місця здійснюють з комори заготовок електрокари. Передачу заготовок з одного робочого місця на інше здійснюють за допомогою кран-балок. Завантаження-розвантаження обладнання здійснюють за допомогою кран-балок. Затиск заготовок у спеціальній верстатній оснастці проводиться автоматизовано за використання пневмоапаратури. При контролі розмірів вала використовують спеціальну оснастку. Вивезення готових деталей з ділянки здійснюють електрокаром.

#### 4.1.5. Характеристика транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт.

Габаритні розміри механізму вертикального переміщення - 540×120×102 мм.  
Загальна вага - 16 кг.

Деталь 6520Ф3-36.71.00.011 має визначену корпусну конструкцію з основними, допоміжними і закріпними отворами; виготовляється з сірого чавуну СЧ20, що володіє високими властивостями з поглинання вібраційних коливань, легко обробна, має належні ливарні властивості. Вага кронштейна 6520Ф3-36.71.00.011 складає 12,85 кг. Це зумовлює особливі вимоги щодо переміщення та завантаження деталі на верстат. На ділянку механічної обробки заготовки завозять з комори і складають на майданчику для заготовок. Основним транспортом на ділянці є кран-балка з вантажопідйомністю 0,5 т.

#### 4.2. Заходи із забезпечення умов праці

4.2.1. Розробка заходів з конструкторської та організаційної роботи з боротьби із шумом та вібраціями.

Захист працівників від шуму проводять як колективними способами та методами, так і індивідуальними. Більш ефективним заходом є зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелі виникнення.

Головним джерелом виникнення на ділянці механічних шумів є зубчасті передачі, різноманітні рухомі металеві деталі верстатів, а також підшипники. Знизити шум зубчастих коліс можна, підвищивши їх точності та замінивши

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металеві шестерні неметалевими, використовуючи компенсатори і косозубі та шевронні шестерні.

Зниження вібрації обладнання досягається, також, шляхом зменшення дисбалансу обертових мас обладнання та пристроїв, тому застосовується якісне балансування. Також може використати вібродемфування.

При віброізоляції стаціонарного обладнання з вертикальною збурюючою силою часто використовують віброізолюючі опори - пружні прокладки або пружини (рис. 4.2).

Пружні віброізолятори порівняно з резиновими прокладками мають деякі переваги. Вони можуть застосовуватись для ізоляції коливань з низькою частотою, і з високою частотою, довший період зберігають свої пружні властивості з плином часу, належно протидіють дії масла та температури, є невеликі за розмірами.

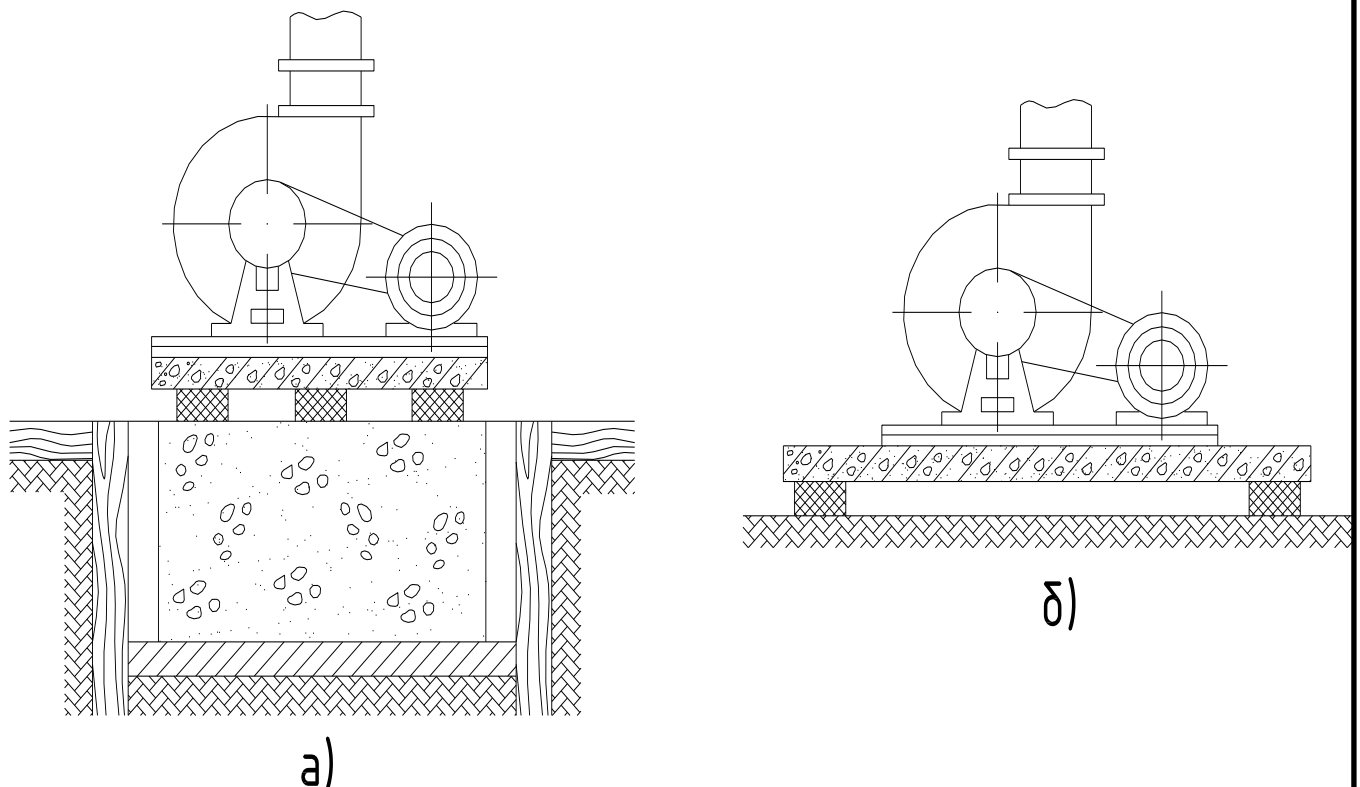


Рисунок 4.1 - Схеми встановлення агрегатів: а) на фундаменті і ґрунті; б) на перекритті

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

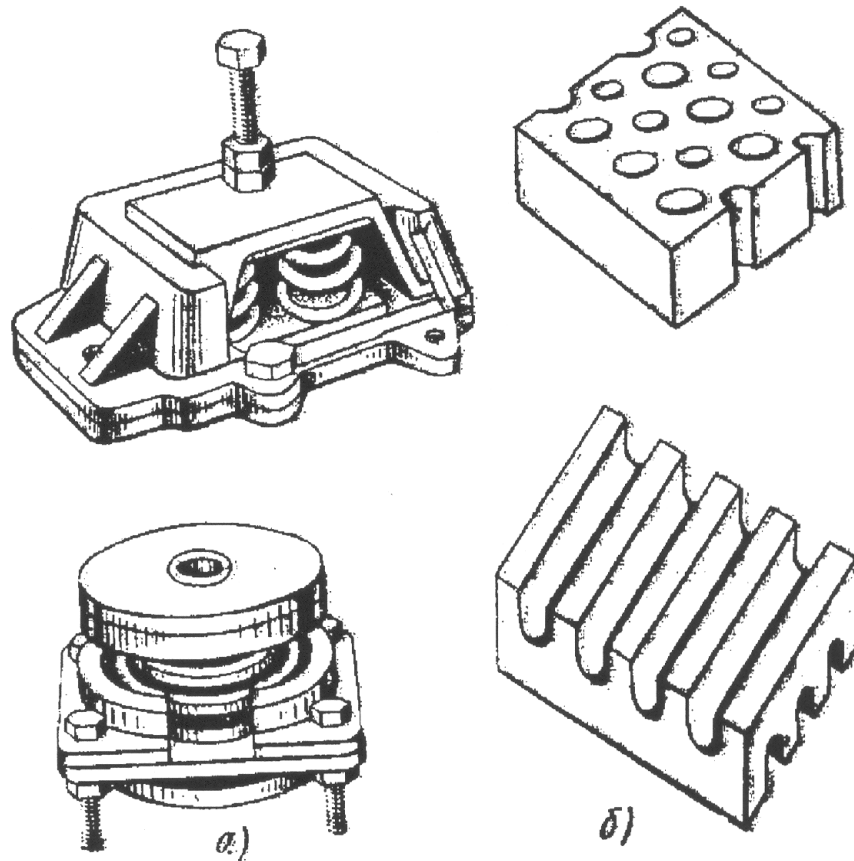


Рисунок 4.2 – Приклад віброізоляційних опор: а) пружинні; б) резинові віброізолятори

### 4.3. Виробнича естетика

#### 4.3.1. Характеристика ділянки механічної обробки з позиції естетики.

Рациональним є кольорове оформлення технологічного устаткування у поєднанні з кольорами елементів виробничого приміщення (стіни, колони, підлога), відповідним освітленням (природне, штучне або змішане), що здатне значно зменшити втомлюваність органів зору та підвищити безпеку при роботі (використовуючи сигнальні кольори фарбування елементів устаткування), підняти загальний тонус працівника (естетичний вплив гармонії кольорів і архітектурних форм обладнання) і в завершальному рахунку підняти продуктивність праці.

Керівництвом з вибору кольорів при фарбуванні зовнішніх поверхонь і окремих елементів обладнання із врахуванням сигнальних кольорів за технікою безпеки є відповідні нормалі, наприклад: нормаль верстатобудівництва НО 6-2.

Ці стандарти пропонують такі забарвлення (табл. 4.6).

						017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 4.6. - Рекомендована колірна обробка основного технологічного устаткування

Назва обладнання	Колірне оброблення	
	Кольори	ВПК "Лак окрас"
1. Металообробне обладнання: - нерухомі частини - рухомі частини	Світло-зелений	985
	Жовтий	985
2. Кран-балки	Алюмінієвий	836
3. Інші транспортні механізми	Жовто-зелений	912

#### 4.3.2. Організація робочого місця верстатника.

Головне технологічне обладнання розташоване згідно з СН 181-90. На одного працюючого припадає не менше 4,5 м<sup>2</sup> виробничої площі. Усі вузли і механізми розміщено на ділянці так, щоб забезпечити вільний доступ людини за потреби ремонту та налагодження тощо.

Планування робочого місця виконують, виходячи з вимог організації технологічного процесу. Головні зони розташування заготовок, а також різального та контрольного інструменту, повинні бути розміщені так, щоб розвантажити робітника від потреби робити зайві рухи.

Кожний робочий простір оснащений тумбочкою, стелажми для різального та вимірювального інструменту, тарою для заготовок та деталей (рис. 4.3).

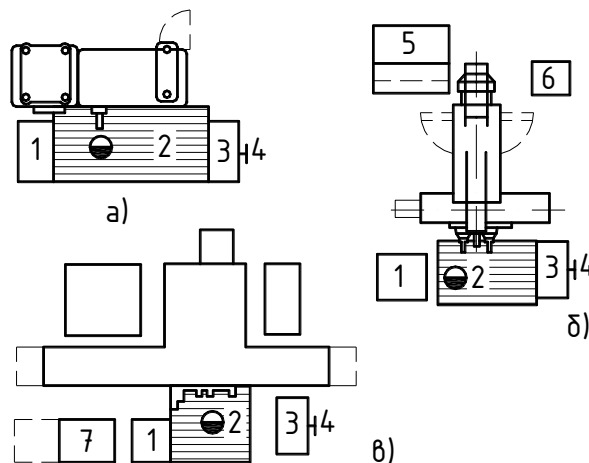


Рисунок 4.3 – Схема планування робочих місць:

а – токаря; б – фрезерувальника; в – шліфувальника; 1 – приймальний столик; 2 – решітка для ніг; 3 – інструментальна тумба; 4 – планшет для креслень деталей; 5 – стелаж для пристроїв; 6 – стелаж для оправок; 7 – стелаж для зберігання готових деталей

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В даній кваліфікаційній роботі, згідно з завданням, спроектовано верстатне оснащення та технологічний процес для виготовлення гвинта вертикального переміщення типу 6520Ф3-36.73.00.000 СБ вертикально-фрезерного верстату 6520Ф3.

Наведено характеристику та службове призначення, а також технічні вимоги на деталь, було проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення заданої деталі.

Визначено тип та організаційну форму виробництва, було вибрано і економічно обґрунтовано метод отримання заготовки, виконано структурний аналіз та синтез декількох варіантів технологічного процесу, а також вибрано оптимальний ТП.

При детальній розробці техпроцесу визначені припуски та міжопераційні розміри, проведений розмірний аналіз, розраховано та підібрано режими різання та технологічне оснащення; встановлені контрольні, допоміжні і транспортні операції, проведено нормування ТП.

В роботі були розроблені і спроектовані пристрої для фрезерування бічних поверхонь та пристрій для контролю геометричних відхилень центрального отвору.

Розроблено організаційні питання та заходи з охорони праці.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.Д.Рудь, Т.Є.Божко, Т.Н.Гальчук. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр) / Навчальний посібник/ Під загальною редакцією професора В.Д.Рудя – Луцьк: Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ. – 2017. – 500 с.
2. Кузнєцов Ю. М., Придальний Б. І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів. –Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 358 с.
3. Кузнєцов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.
4. Joaquim Augusto Guerra Namuyela, Kuznetsov Yu.N., Namuyela T.O. Sintese Genetico-Morfologica de Porta-Mandris de Fixacao. Lushik: Veja-Imprensa, 2019. – 320 p.
5. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
6. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.
7. Технологічна оснастка: навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
8. Кушніров, П. В. Технологічна оснастка [Електронний ресурс] : навч. посіб. / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. — Суми : СумДУ, 2020. — 140 с.
9. Петров О. В. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.ГОСТ 3.1107 – 81. Опори, затискні та установочні пристрої.

11.Технологічна оснастка. Курс лекцій. Дичковський М.Г. Навчальний посібник -  
К.: Кондор, 2008. - 328с.

12.Черпаков Б. І. Технологічна оснастка: Підручник для установ серед. проф. освіти.  
– М.: Видавничий центр “Академія”, 2003. – 288 с.

					017Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		