

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» з використанням  
верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.02.25.ПЗ

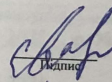
Виконав студент 4 курсу група ПМТсз-21-1  
Шифр

Керівник докт. техн. наук, професор  
Науковий ступінь, звання

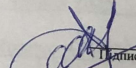
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

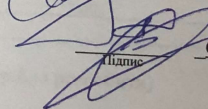
Дата « 16 » 06 2025

  
Підпис

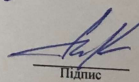
Давід САРАДЯН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

  
Підпис

Анатолій ГОРДСЄВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

  
Підпис

Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

## ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
 Кафедра технології машинобудування  
 Рівень вищої освіти перший (бакалавр)  
 Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва \_\_\_\_\_  
 Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва \_\_\_\_\_  
 Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМВіталій ТКАЧУК7 . 02 . 2025ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТСарадян Давіду Арагацовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

## 1 Тема дипломної роботи

Технологія виготовлення деталей «Корпус АГЕ232» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Гордєєв Анатолій Іванович, д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 232 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 2025

3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленник деталі Корпус АГЕ232 та технічні вимоги до її виготовлення,  
обсяг випуску 1,7 тис.

## 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі - лист А2; 2 Креслення заготовки - лист А2; 3. Карта наладки верстата – 1 лист А1; 4. Верстатний пристрій - 1 лист А1; 5. Лист графотехнології - лист А1; 6. Лист вибору режимів різання - А1; 7. Контрольний пристрій - лист А2.



# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Сарадян Давид Арагацович на захист дипломного проекту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету



ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(ім'я, прізвище)

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Сарадян Д.А. з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 0,00 %, задовільно 100,00.  
шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 1,89 %, С 5,66 %, D 11,32 %, E 81,13 %.

Методист факультету

*[Signature]*

(підпис)

(ім'я, прізвище)

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Сарадян Д.А. *виготовив до проекту з'ясування*

*своєї теми та задачі в необхідні терміни. За період роботи над проектом показав кращі ініціативи щодо вдосконалення технології виготовлення. В цілому проект заслуговує на високу оцінку.*

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проекту

*[Signature]*

Горюхов І.У

(ім'я, прізвище)

" 26 " 06 2025 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Сарадян Д.А. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(назва)

*[Signature]*

(підпис, ім'я, прізвище)

" 26 " 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор: Сарадян Давід Арагацович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Гордєєв А.І.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

завідувач кафедри

Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми

Володимир МИЛЬКО

керівник кваліфікаційної роботи

Анатолій ГОРДЄЄВ

Дата

Підписи

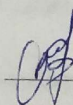
Завідувачу кафедри  
Технології машинобудування  
Ткачуку В.П.  
здобувача вищої освіти  
студента Сарадяна Д. А.  
факультету інженерії, транспорту та  
архітектури, 4 курсу, гр. ПМТсз-22-1

### ЗАЯВА

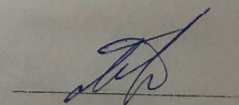
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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



дата



підпис

## РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Сарадяна Д. А. «Технологія виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Сарадяна Д. А. є інженерно обґрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Корпус із застосуванням верстатів з ЧПК.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Корпус, спроектовано фрезерний верстатний пристрій, та для забезпечення операції контролю спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

В розділі охорони праці розглянута безпека роботи внутрішньозаводського внутріцехового транспорту.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Сарадян Д. А. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

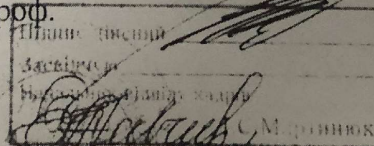
Професор кафедри «Трибології  
автомобілів та матеріалознавства»

Хмельницького національного  
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Дихи О.В.  
Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ





## Реферат

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» з використанням верстатів з ЧПК

Автор: Сарадян Д. А. Керівник роботи : Гордєєв А. І.

Об'єм пояснювальної записки. 50. стор. Графічна частина 5,5.листів А1.

В загальному розділі визначено стан питання та задачі дипломного проектування виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки свердлувального пристрою для обробки отворів, контрольно-вимірювального пристрою.

В розділі охорони праці приведено дані по безпечній роботі внутрішньозаводського та внутріцехового транспорту.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор роботи:

Сарадян Д. А.

2025 р.

/Підпис/

Дата

## ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	<b>Загальний розділ</b> .....	8
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	8
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	9
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	10
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	11
1.5	Технічні вимоги, методи їх забезпечення та контролю.....	13
1.6	Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі корпус.....	13
2	<b>Технологічний розділ</b> .....	16
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	16
2.2	Вибір технологічних баз.....	16
2.3	Вибір варіанта технологічного маршруту .....	17
2.4	Розрахунок припусків.....	18
2.4.1	Аналітичний розрахунок припуску на поверхню $\varnothing 35 H7$	
2.4.2	Табличний метод.....	20
2.5	Розробка технологічних операцій механічної обробки.....	21
2.6	Призначення режимів різання.....	23
2.6.1	Аналітичним методом .....	23
2.6.2	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів .....	25
2.7	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	28
2.8	Оформлення технологічної документації.....	31

3	<b>Конструкторський розділ</b> .....	32
3.1	Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів.....	32
3.1.1	Вибір схеми базування деталі.....	32
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	33
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	33
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	34
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	35
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	36
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	37
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	38
3.2.1	Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.....	38
3.2.2	Розрахунок параметрів калібру пробки.....	43
4	<b>Охорона праці</b> .....	45
5	Висновки.....	52
6	Список використаних джерел.....	53
	Додатки.....	

## ВСТУП

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

Одним із чинників, що впливають на розвиток держави в цілому, а особливо у теперішній критичний період для України, є машинобудування. Рівень розвитку машинобудування загалом визначає рівень розвитку будь-якої країни.

Значний вплив на розвиток машинобудування в країні має рівень освіти технологів-машинобудівників та рівень освіти у машинобудівних вишах. Перед технологами-машинобудівниками стоять завдання подальшого підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості та матеріаломісткості їх виготовлення, впровадження передових методів роботи, механізацію та автоматизацію виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Найбільш раціональним шляхом підвищення рівня виробництва є оптимізація методів вибору заготовок при порівнянні декількох варіантів, використання обладнання з ЧПК, що дозволяє значно зменшити витрати та кількість обладнання, залучити до процесу виробництва меншу кількість робочого персоналу тощо.

Ці способи дозволяють зменшити ціну, час виробництва і поліпшити якість виробу, що відповідно покращує рейтинг підприємства як на внутрішньому ринку, так і на міжнародному» [5].

## **1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ**

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

Дипломна бакалаврська робота відповідно до загальноосвітньої програми підготовки бакалаврів за Галуззю знань – 13 Механічна інженерія, Спеціальністю – 131 Прикладна механіка являє собою самостійну та логічно завершену роботу на здобуття ступеня бакалавра, галузі технології машинобудування. «Для якісного виконання випускної кваліфікаційної роботи претендент ступеня бакалавра в процесі навчання за програмою має освоїти такі компетенції, які закріплюються під час виконання ним випускної кваліфікаційної роботи :

- здатність до саморозвитку, підвищення своєї кваліфікації та майстерності;
- здатність освоювати на практиці та вдосконалювати технології, системи та засоби машинобудівних виробництв;
- здатність брати участь у розробці та впровадженні оптимальних технологій виготовлення машинобудівних виробів;
- здатністю виконувати заходи щодо ефективного використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів та програм вибору та розрахунків параметрів технологічних процесів;
- здатністю вибирати матеріали та обладнання, та інші засоби технологічного оснащення та автоматизації для реалізації виробничих та технологічних процесів;
- здатністю виконувати роботу з визначення відповідності продукції, що випускається вимогам регламентуючої документації;
- здатністю виконувати роботи з доведення та освоєння технологічних процесів, засобів та систем технологічного оснащення, автоматизації

машинобудівних виробництв, управління, контролю, діагностики в ході підготовки виробництва нової продукції, оцінки їх інноваційного потенціалу;

- здатність розробляти плани, програми та методики, інші документи, що входять до складу конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації.

Основні завдання при виконанні дипломної роботи бакалавра:

- запропонувати вдосконалений технологічний процес оброблення деталі із застосуванням сучасного обладнання – верстатів з ЧПК;
- провести раціональний вибір методу отримання заготовки;
- провести розрахунки та вибір припусків;
- розрахувати та вибрати різальний інструмент і режими різання;
- провести нормування технологічних операцій механічної обробки;
- спроектувати та провести розрахунки верстатного та контрольного пристрою;
- виконати необхідні графічні матеріали та оформити технологічну документацію;
- навести з точки зору охорони праці необхідні вимоги до безпечної роботи при виконанні технологічного процесу, протипожежної безпеки, безпечним умовам роботи машинобудівного комплексу» [15].

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

Деталь «Корпус АГЕ232» використовується у якості опори для підшипників.

Деталь «Корпус» входить до складу автомата для виготовлення цвяхів і використовується у якості опори для штанги подачі прутка.

Основним для даної деталі являються поверхні Ø25Н11 та базова площина Г.

Отвір Ø25Н11 призначений для встановлення штанги.

Паз  $B = 30$  мм призначений для орієнтованого встановлення штанги у корпус.

Паз  $B=10$ мм призначений для встановлення фіксатора.

Два отвори M12-7H на поверхні Г призначені для встановлення гвинтів, які кріплять деталь до основи.

Два отвори M10x1-7H призначені для змащення.

Два отвори M6-7H призначені для встановлення гвинтів, які фіксують штангу в корпусі у певному положенні.

Попередньо тип виробництва визначаємо за масою деталі  $m_d = 1,95$  кг та річному об'єму випуску деталей  $N = 11900$  шт.

Тип виробництва - серійний [5].

### 1.3 Аналіз технологічності деталі

Згідно робочого креслення можна сказати про наявність всіх даних для виготовлення деталі, що вимагає ДСТУ БА. 4-4:2009 «Загальні вимоги до робочих креслень».

Вибір матеріалу на деталь.

Для виготовлення деталі слугує якісна вуглецева сталь 45 ДСТУ 7809:2015,

#### 1. Якісний аналіз

Деталь «Корпус АГЕ232» відноситься до класу корпусів з центральним отвором і вона в основному утворена поверхнями простої форми. З точки зору номенклатури поверхонь, кількість циліндричних поверхонь зведена до мінімуму. В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

Деталь достатньо жорстка, тому потреби у додаткових опорах при обробці немає.

Деталь має зручні для базування поверхні.

Закритих та поверхонь, що важко обробляються немає, що дозволяє проводити обробку високопродуктивними методами на прохід.

На підставі проведеного аналізу технологічності деталі можна зробити висновок, що деталь технологічна і її виготовлення не викликає труднощі при виготовленні на виробництві.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015 в %

C	Si	P	S	Gr	Ni	Cu
		Не більше		Не більше		
0.42	0.2	0,04	0,045	0,30	0,30	0,30
0.50	0.52					

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Межа текучості: МПа	Тимчасовий опір розриву: МПа	Відносне подовження: %	Відносне звуження: %	НВ
Не менше				
360	610	16	20	241

#### 1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

«Визначення типу виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ :

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1.3)$$

де O-кількість операцій;

P - кількість робочих місць з різноманітними операціями.

Штучний калькуляційний час на кожну операцію визначаємо за формулами.

#### 1. Вертикально-фрезерна

$$T_1 = 9 \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 0,369 \text{ хв.}$$

$$T_2 = 9 \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 0,612 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум-к}} = 1,51 \cdot (0,369 + 0,612) = 1,48 \text{ хв.}$$

#### 4. Фрезерна операція з ЧПК

$$T_1 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,078 \text{ хв.}$$

$$T_2 = 0,078 \text{ хв.}$$

$$T_3 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,065 \text{ хв.}$$

$$T_4 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,012 \text{ хв.}$$

$$T_5 = 0,012 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум-к}} = 1,3 \cdot (0,078 + 0,078 + 0,065 + 0,012 + 0,012) = 0,318 \text{ хв.}$$

#### 5. Багатоцільова

$$T_{1-6} = 0,62 \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,62 \cdot 450 \cdot 10^{-3} = 2,79 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум-к}} = 1,65 \cdot 2,79 = 4,5 \text{ хв.}$$

Визначення типу виробництва проводимо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{6,5}{3} = 2,2$$

Оскільки  $1 < K_{з.о.} < 10$ , то тип виробництва серійний з потоковою формою організації праці, тобто технологічне оснащення розташовується послідовно відповідно до операцій та робочих місць» [5].

## 1.5 Технічні вимоги, методи їх забезпечення та контролю

Основні елементи деталі «Корпус АГЕ232» позначені та їх характеристики занесені в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги, методи їх забезпечення та контролю

Технічні вимоги	Методи забезпечення	Методи контролю
Ø25H11, при Ra = 6,3 мкм	Свердлування, розсвердлювання	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1. Набір мір шорсткості
65h14 (площина), при Ra = 3,2 мкм	Фрезерування чорнове, фрезерування чистове	Те саме
Паз В = 30мм, при Ra = 3,2мкм В = 10мм, при Ra = 12,5мкм	Фрезерування	Те саме
2отв. М12-7Н, 2отв. М6-7Н, 2отв. М10х1-7Н, при Ra=12,5мкм	Свердлування, Різьбо-нарізання.	Калібр – пробка різьбова, Набір мір шорсткості
Лінійні розміри, фаски за 14 квалітетом точності, при Ra=12,5 мкм	Одноразова лезова обробка	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 Набір мір шорсткості.
Допуск перпендикулярності отвору Ø25H11 відносно базової вісі Г-0,1мм Позиційний допуск розташування двох різьбових отворів М6-7Н-0,16 мм (допуск залежний).	Обробка отвору Ø25H11 з базуванням по площині Г. Обробка отворів з одного установа.	На контрольній плиті індикатором з використанням оправки.  За допомогою спеціального контрольного приладу.

## 1.6 Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі

### Корпус

Для обробки деталі «Корпус АГЕ232» запропоновано метод концентрації операцій, котрий полягає у виконанні найбільшої кількості переходів за одне установлення заготовки. Забезпечення реалізації цього принципу відбувається при використанні багатоцільових верстатів з великою кількістю інструментів верстата з ЧПК MC032.06 та фрезерного верстата з ЧПК 6P13Ф3-01.



Рисунок 1.1. Загальний вигляд верстата MC032.06

#### Технічна характеристика багатоцільового верстата MC032.06

Діаметр планшайби поворотного стола, мм	320
Кути повороту стола, град.: за віссю C/за віссю A	360 / 220
Робоче кругове подавання столу в осях C і A, град./хв	1...360
Момент кругового подавання столу за осями C і A, Н•м.	300
Пришвидшене кругове подавання столу, об/хв.: за віссю C/за віссю A	10 / 5
Точність позиціювання повороту стола, кут. сек.: за віссю C/за віссю A	30 / 60
Робочий хід, мм, за осями: X / Y / Z	550 / 500 / 500
Робоче подавання по осях X, Y, Z, мм/хв.	1...4000
Зусилля подавання за осями X, Y, Z, Н	6000
Швидкість швидких переміщень за осями X, Y, Z, мм/хв	10000
Точність позиціювання за осями X, Y, Z, мм	0,03
Конус шпинделя/частота обертання шпинделя, об/хв	ISO 40 / 12... 3760
Число інструментів у магазині	32
Максимальний діаметр інструмента, мм/довжина, мм/маса інструмента, кг	80 / 250 / 6
Найбільші діаметри оброблення, мм:	
свердління за сталі/розточування/нарізання різі	

32 / 120 / 24

Потужність головного приводу, кВт 11

Габарити верстата, мм 3000 x 3000 x 2600

Маса верстата, кг 7500

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

Враховуючи матеріал деталі, її форму, розміри та тип виробництва запропонуємо простіший раціональний метод виготовлення заготовки яка отримана різкою з сортового (квадрата) прокату.

Заготовку отримуємо з квадратного прокату лазерною порізкою. Точність різки заготовки  $\pm 1$  мм [1,2].

Припуск на сторону приймаємо рівним 2 мм.

Розрахунковий розмір квадрата  $H_p$ , мм, визначаємо за формулою

$$H_p = H_n + 2 \cdot Z_1 + Z_2, \quad (2.1)$$

де  $H_n$  - номінальний розмір, мм;

$2 \cdot Z_1$  - припуск на фрезерування, мм;

$Z_2$  - припуск на чистове фрезерування, мм;

$H_n = 65$  мм;  $2 \cdot Z_1 = 4$  мм;  $Z_2 = 1$  мм;

$$H_p = 65 + 4 + 1 = 70 \text{ мм}$$

За розрахунковими даними вибрали квадрат гарячекатаний, зі стороною 70 мм із сталі 45.

Відхилення від товщини квадрата дорівнюють  $\begin{matrix} +0,25 \\ -0,8 \end{matrix}$  мм.

### 2.2 Вибір технологічних баз

На першій операції оброблення фрезеруванням за бази приймаємо зовнішню поверхню заготовки та торець.

При наступній фрезерній та свердлувальній обробці на ЧПУ при установленні за базу використовується внутрішня циліндрична поверхня отвору, та торець.

### 2.3 Вибір варіанта технологічного маршруту

При аналізі базового технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» було встановлено, що застосовуються універсальні верстати та окремі поверхні оброблюються з пере встановленням, що веде до зниження точності оброблення. Було запропоновано використовувати верстат з ЧПК MC032.06 де проводиться оброблення з одного установа при концентрації різних операцій в порівнянні з базовим технологічним процесом. Загальна схема виготовлення деталі «Корпус АГЕ232» зведена у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічна схема виготовлення деталі «Корпус АГЕ232»

№ операції	Найменування, короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
000	Заготівельна Відрізати заготівку з квадрата у розмір 70 мм	8В262
005	Термічна	
010	Вертикально-фрезерна Фрезерувати заготівку з чотирьох сторін у розмірі 65h14, з двох сторін у розмірі 66h14 Технологічна база – бокові та торцеві поверхні.	6Т13
015	Вертикально-фрезерна з ЧПУ Фрезерувати площину Г начисто, фрезерувати паз b=25, центрувати два отвори М12-7н з одночасним утворенням фаски, свердлувати два отвори під різьбу, нарізати різьбу М12-7Н у двох отворах. Технологічна база – поверхня 65h14.	6Р13Ф3-01
020	Багатоцільова з ЧПУ	MC032.06
025	Мийна Промити деталь	Мийна машина
030	Гальванічна Нанести антикорозійне покриття	Вана
035	Контрольна	Стіл ВТК

## 2.4 Розрахунок припусків

### 2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на обробку поверхні $65 \begin{smallmatrix} +0,15 \\ +0,3 \end{smallmatrix}$

Розраховуються припуски на плоску поверхню  $65 \begin{smallmatrix} +0,15 \\ +0,3 \end{smallmatrix}$ . Розрахунок робимо у зворотному порядку технологічним переходам, починаючи з останнього.

Технологічними переходами для обробки даної поверхні є чорнове, напівчистове фрезерування.

«Мінімальний припуск на фрезерування плоскої поверхні:

$$Z_{\min.} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_y, [4],$$

де  $R_{zi-1}$  – висота мікронерівностей на попередньому переході;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного шару на попередньому переході;

$\rho_{i-1}$  – сумарне просторове відхилення на попередньому переході;

$\varepsilon_y$  – похибка установки»[4].

$$\rho = \rho_{\text{кор}}^2, \text{ де } \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L = 2 \cdot 112 = 224;$$

Мінімальні припуски для переходів:

під чорнове фрезерування:  $z_{\min_1} = 200 + 300 + 224 + 0 = 724$  мкм,

під напівчистове фрезерування:  $z_{\min_2} = 50 + 50 + 12 + 350 = 462$  мкм,

Визначаємо розрахунковий розмір (у зворотному порядку) шляхом послідовного додавання мінімального припуску кожного технологічного переходу до номінального розміру наступного переходу:

$$L_{p2} = L_H + TL_2 = 65 + 0,150 = 65,150 \text{ мкм},$$

$$L_{p1} = L_{p2} + z_{\min 2} = 65,150 + 0,462 = 65,612 \text{ мкм},$$

$$L_{p0} = L_{p1} + z_{\min 1} = 65,612 + 0,724 = 66,336 \text{ мкм},$$

Найменші граничні розміри розраховуємо округленням розрахункових розмірів

до знаку допуску.

$$L_{min2} = 65,15 \text{ мкм},$$

$$L_{min1} = 65,61 \text{ мкм},$$

$$L_{min0} = 66,34 \text{ мкм},$$

Найбільші граничні розміри розраховуємо шляхом додавання допуску до найменшого граничного розміру:

$$L_{max2} = L_{min2} + TL_2 = 65,15 + 0,15 = 65,30 \text{ мкм},$$

$$L_{max1} = L_{min1} + TL_1 = 65,61 + 0,36 = 65,97 \text{ мкм},$$

$$L_{max0} = L_{min0} + TD_0 = 66,34 + 1,5 = 67,84 \text{ мкм}.$$

Найбільші (найменші) граничні значення припусків визначаємо як різницю найбільших (найменших) граничних розмірів попереднього і поточного переходів:

$$z_{min2}^{ep} = L_{min1}^{ep} - L_{min2}^{ep} = 65,61 - 65,15 = 460 \text{ мкм}$$

$$z_{min1}^{ep} = L_{min0}^{ep} - L_{min1}^{ep} = 66,34 - 65,61 = 730 \text{ мкм}$$

$$z_{max2}^{ep} = L_{max1}^{ep} - L_{max2}^{ep} = 65,97 - 65,30 = 670 \text{ мкм}$$

$$z_{max1}^{ep} = L_{max0}^{ep} - L_{max1}^{ep} = 67,84 - 65,97 = 1870 \text{ мкм}$$

Проведені розрахунки наведені у таблиці 2.2.

Табл. 2.2 Припуски розраховані аналітичним методом на розмір  $65 \frac{+0,15}{+0,3}$ .

Тех. операція, переходи обробки поверхні	Елемент припуску, мкм				Розрах. припу ск $z_{min}$ , мкм	Розрах розмір $L_P$ , мм	Допус к $TD$ , мкм	Гранич. розмір		Гранич. Припуск	
	$R_z$	$h$	$P$	$\varepsilon$				$L_{max}^{ep}$ , мм	$L_{min}^{ep}$ , мм	$z_{max}^{ep}$ , мкм	$z_{min}^{ep}$ , мкм
Заготовка	200	300	224	–	–	66,336	1500	67,84	66,34	–	–
1.чорнове фрезерування	50	50	12	350	724	65,612	360	65,97	65,61	1870	730
2.напівчистове фрезерування.	30	–	–	15	462	65,150	150	65,30	65,15	670	460



Рис. 2.3 Схема розташовування припусків і допусків на оброблення  $\varnothing 65_{+0,15}^{+0,3}$ .

#### 2.4.2 Табличний метод призначення припусків

На інші оброблювані поверхні корпуса припуски і допуски вибираємо по таблицям і записуємо їх значення в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. Зведена таблиця припусків

Поверхня	Маршрут	Шорсткість	Припуск на поверхню	Розмір з допуском	Кількість проходів
Ø29	Заготовка	Ra25			
	1.Свердлити отвір Ø16	Ra6.3	8	Ø16	1
	2.Розсвердлити отвір Ø25	Ra6,3	4,5	Ø25H11	1

## 2.5 Розробка технологічних операцій механічної обробки

Для виконання технологічних операцій вибираємо моделі верстатів, різальний інструмент, вимірювальний інструмент та верстатні пристрої за переходами.

Розробку технологічних операцій механічної обробки за переходами зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. Операції механічної обробки

№ опера.	Маршрут Обробки	Верстат	Інструмент		Пристрої
			Різальний	Контор.	
1	2	3	4	5	6
<b>005</b>	Заготівельна				
<b>010</b>	Вертикально фрезерна 1.Фрезерувати заготівку з чотирьох сторін у розмірі 65h14, 2. Фрезерувати з двох сторін у розмірі 66h14	6Т13	Фреза торцева Т15К6, D = 80 мм, z = 7.	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.05 Шаблони Калібр-пробки	Лещата

Закінчення табл.2.4

1	2	3	4	5	6
015	<p>Вертикально фрезерна</p> <p>1.Фрезерувати площину начисто,</p> <p>2.Фрезерувати паз b=25,</p> <p>3. Центрувати два отвори М12 з одночасним утворенням фаски,</p> <p>4. Свердлувати два отвори під різьбу,</p> <p>4. Нарізати різьбу М12 у двох отворах.</p>	6Р13 Ф3-01	<p>Фреза торцева Т15К6, D = 80 мм, z = 7.</p> <p>Фреза кінцева Р6М5, D = 25 мм, z = 5.</p> <p>Свердло центрувальне Р6М5.</p> <p>Свердло спіральне Р6М5. Ø17</p> <p>Мітчик М12</p>	Штангенциркуль ШЦ-1-166-80	Пристрій спеціальний верстатний
020	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <p>Позиція I</p> <p>1. Свердлити отвір Ø16 (під Ø25 ).</p> <p>2. Розсвердлити отвір Ø25.</p> <p>3. Фрезерувати паз В=30 мм.</p> <p>4. Центрувати два отвори М6-7Н з одночасним утворенням фаски.</p> <p>5. Свердлити два отвори під різьбу.</p> <p>6. Нарізати різьбу М6-7Н у двох отворах.</p> <p>Позиція II</p> <p>1. Центрувати отвір М10х1-7Н з одночасним утворенням фаски.</p> <p>2. Свердлити отвір під різьбу.</p> <p>3. Нарізати різьбу М10х1-7Н у двох отворах.</p> <p>Позиція III</p> <p>1. Зенкувати фаску 2x45°.</p> <p>2. Фрезерувати паз b =10мм.</p> <p>Позиція VI</p> <p>1. Центрувати отвір М10х1-7Н з одночасним утворенням фаски.</p> <p>2. Свердлити отвір під різьбу М10х1-7Н.</p> <p>3. Нарізати різьбу М10х1-7Н.</p>	МС0 32.06	<p>Фреза кінцева Р6М5, D = 30 мм, z = 5.</p> <p>Свердло центрувальне Р6М5.</p> <p>Свердло спіральне Р6М5. Ø16</p> <p>Свердло спіральне Р6М5. Ø25</p> <p>Свердло спіральне Р6М5. Ø5,2.</p> <p>Мітчик М6</p> <p>Свердло центрувальне Р6М5.</p> <p>Свердло спіральне Р6М5. Ø8,2</p> <p>Мітчик М10</p> <p>Фреза кінцева Р6М5, D = 10 мм</p> <p>Свердло центрувальне Р6М5.</p>	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.05	Пристрій спеціальний верстатний

## 2.6 Призначення режимів різання

### 2.6.1 Аналітичним методом

Розрахунок режимів різання та норм основного часу докладно розробляємо на третій перехід позиції I.

Вихідні дані: операція 020, перехід 5.

Оброблюваний матеріал – сталь 45. Верстат – 6Т13.

Інструмент – фреза кінцева  $\varnothing 30$ . Кількість ножів – 5. Ножі оснащені пластинами з твердого сплаву Т15К6.

Геометричні параметри:  $\varphi=75^\circ$ ;  $\gamma=5^\circ$ ;  $\alpha=10^\circ$

Подачу на 1 зуб фрези ( $\delta_z$ ) для чорнового фрезерування визначаємо по [4]:  $\delta_z = 0,1$  мм/зуб.

Подача на один оберт фрези ( $\delta_o$ ):  $\delta_o = \delta_z \cdot z_k$

$z_k$  – кількість зубів інструмента.

$\delta_o = 0,1 \cdot 10 = 1$  мм/об.

Визначаємо стійкість інструмента. Стійкість фрези :  $T_m = 180$  хв. [4].

«Колову швидкість фрези в мм/хв. розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot k_v \text{ м/хв.} \quad (2.17)$$

де  $T$  – нормативна стійкість інструмента;

$t = 1,8$  мм – глибина фрезерування;

$S_z$  – подача на зуб фрези;

$B$  – ширина фрезерування;

$z$  – кількість зубів фрези;

$D$  – діаметр фрези;

$k_v$  – поправочний коефіцієнт:

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

де  $k_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$$k_{mv} = 1,$$

$k_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки:

$$k_{nv} = 0,8,$$

$k_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента:

$$k_{uv} = 1 \gg [4].$$

Значення постійної  $C_v$  та показники степенів знаходимо по [4]:

$$C_v = 332; q_v = 0,25; x_v = 0,1; y_v = 0,4; u_v = 0,15; p_v = 0,1; m = 0,2.$$

$$V = 10 \cdot \frac{332 \cdot 1,8^1 \cdot 30^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 1,8^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 30^{0,15} \cdot 5^{0,1}} \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 321 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 321}{3,14 \cdot 100} = 1022 \text{ об/хв.}$$

Число обертів шпинделя з без ступеневим регулюванням  $n = 1022$  об/хв.

Величину коллової сили при фрезеруванні розраховуємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{\omega_p}} \cdot k_p \cdot k, \text{ Н.} \quad (2.18)$$

Значення  $C_p$  та показники степенів знаходимо по [4]

$$C_p = 825; \quad q_p = 1,3; \quad x_p = 1; \quad y_p = 0,75;$$

$$u_p = 1,1; \quad \omega_p = 0,2; \quad k_p = 1.$$

$$P_z = 10 \cdot \frac{825 \cdot 1,8^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 39^{1,1} \cdot 10}{30^{1,3} \cdot 1022^{0,2}} \cdot 1 = 495, \text{ Н}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{495 \cdot 200}{2 \cdot 1000} = 49,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{495 \cdot 321}{1020 \cdot 60} = 2,59 \text{ кВт}$$

Оскільки потужність різання при фрезеруванні менше потужності шпинделя верстата (3 кВт) то обробка можлива.

Визначаємо хвилинну подачу по прийнятому числу обертів:

$$S_m = S_o \cdot n = 0,1 \cdot 1022 = 102,2 \text{ мм/хв.}$$

Розрахунок основного машинного часу:

$$t_m = \frac{L_{p.x.}}{S_m} = \frac{150}{102,2} = 1,46 \text{ хв.}$$

### 2.6.2 Вибір режимів різання табличним методом

Різальний інструмент - свердло спіральне Р6М5, D = 16 мм.

Обробку проводимо з використанням МОР.

Глибина різання визначена з попередніх розрахунків:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 16 = 8,0 \text{ мм.}$$

Призначаємо подачу

$$S = 0,22 \text{ мм/об [5]}$$

Період стійкості свердла

$$T = 30 \text{ хв [5]}$$

Швидкість головного руху різання  $V$ , м/хв., визначаємо за формулою<sup>^</sup>

$$V = V_{\text{таб}} \cdot k_{11} \cdot k_{12} \cdot k_{13}, \quad (2.2)$$

де  $V_{\text{таб}}$  - табличне значення швидкості різання, м/хв.,  $V_{\text{таб}} = 20 \text{ м/хв. [5]}$

$k_{11}; k_{12}; k_{13}$  - поправочні коефіцієнти на швидкість різання

$$k_{11} = 1,3 [17]$$

$$k_{12} = 0,8 [17]$$

$$k_{13} = 1,0 [17]$$

$$V = 28 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 20,8 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя верстата визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20,8}{3,14 \cdot 16} = 410 \text{ хв}^{-1} \quad (2.3)$$

На верстаті регулювання частот безступеневе, тому приймаємо

$$n_d = 410 \text{ хв}^{-1}$$

$$S_{\text{хв}} = 0,22 \cdot 410 = 90 \text{ мм / хв.} \quad (2.4)$$

Потужність різання  $N_{\text{різ}}$ , кВт, визначаємо за формулою:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_{23}, \quad (2.5)$$

де  $N_{\text{табл}}$  - табличне значення потужності, кВт.

$K_{23}$  - коефіцієнт на матеріал.

$$N_{\text{табл}} = 1,2 [5] \quad K_{23} = 1,0 [5]$$

$$N_{\text{різ}} = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата  $N_{\text{шп}}$ , кВт, визначаємо за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.6)$$

де  $N_{\text{д}}$  - потужність двигуна головного руху верстата, кВт.

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата

$$N_{\text{д}} = 2,2 \text{ кВт}$$

$$\eta = 0,85$$

$$N_{\text{шп}} = 2,2 \cdot 0,85 = 1,87 \text{ кВт.}$$

Різання можливе, так як виконується умова:

$$N_{\text{шп}} > N_{\text{різ}}, \quad 1,87 > 1,2 \text{ кВт.}$$

Основний час на перехід  $T_0$ , хв, визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_{\text{хв}}}, \quad (2.7)$$

де  $L_{\text{рх}}$  - довжина робочого ходу інструменту, мм .

$$L_{\text{рх}} = l_{\text{різ}} + y + l_{\text{доо}}, \text{ мм}$$

де  $l_{\text{різ}}$  - довжина різання, мм

$y$  - довжина врізання та перебігу інструменту, мм.

$$l_{\text{різ}} = 65 \text{ мм}$$

$$y = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 16 = 6,4 \text{ мм}$$

$$l_{\text{доо}} = 2 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{65 + 6,4 + 2}{0,22 \cdot 410} = 0,81 \text{ хв}$$

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця режимів різання та норм основного часу на операція 020 поз. І

Номер та стислий зміст переходу	Різальний інструмент	t, мм	i	S, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$	S, $\frac{\text{мм}}{\text{хв}}$	V, $\frac{\text{м}}{\text{хв}}$	$\eta$ , $\text{хв.}^{-1}$	L <sub>рх</sub> , мм	T <sub>0</sub> , хв
1 Свердлити отвір Ø16 (під розсвердлення)	Свердло спіральне P6M5	8,0	1	0,22	90	20,8	410	73,4	0,81
2 Свердлити отвір Ø25	Свердло спіральне P6M5	4,5	1	0,4	100	19,6	250	76	0,76
3 Фрезерувати паз В=30мм	Фреза кінцева P6M5, D=12мм, z=4	12	3,5	0,2	110	20,7	550	114	1,04
4 Центрувати 2 отвори М6-7Н з одночасним утворенням фаски	Свердло центровочне P6M5, D=10мм,	3,0	2	0,1	75	23,5	750	5	0,13
5 Свердлити два отвори під різьбу	Свердло спіральне P6M5, D=5мм	2,5	2	0,1	100	15,7	1000	16	0,32
6 Нарізати різьбу М6-7Н у двох отворах	Мітчик P6M5	-	2	1	110	2,1	110	14	0,5

3,62

## 2.7 Технічне нормування операцій технологічного процесу

Приведемо розрахунок нормування операції, а саме 020 і приведемо в записці, а інші розраховуються і зводяться в таблицю 2.6.

«В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу, T<sub>шт.к.</sub>

$$T_{шт.к.} = \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.т.}, \quad (2.16)$$

$$T_{шт.т.} = T_0 + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (2.17)$$

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

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

$n$  - кількість деталей в партії, що налагоджується;

$T_o$ -основний час обробки, хв. ;

$T_v$  - допоміжний час обробки, хв. ;

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

$T_{від}$  - час відпочинку, хв. [9].

$$T_o = 3.62 \text{ хв.}$$

$$T_v = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.18)$$

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

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

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

$T_{вим}$  - час на вимірювання деталі, хв.» [9].

$$T_{вст} = 0.14 \cdot 1.5 = 0.21 \text{ хв.},$$

$$T_{кер} = (0.01 + 0.035 + 0.05 + 0.04 \cdot 4) \cdot 1.5 = 0.382 \text{ хв.},$$

$$T_{з.о.} = 0.02 \text{ хв.},$$

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

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

де 1.5 - поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва - серійний,

$$T_{о.б.} + T_{від.} = P_{об.від} \cdot \left( \frac{T_o + T_v}{100} \right), \quad (2.19)$$

де  $P_{об.від}$  - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби

$$P_{об.від} = 6 \%,$$

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

$$T_{шт.} = 3.62 + 1.122 + 0.208 = 4.74 \text{ хв.}$$

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.20)$$

де а - періодичність запуску деталей, а = 12 днів.

$$n = \frac{11900 \cdot 12}{254} = 562.2.$$

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

$$C = \frac{T_{шт.т.} \cdot n_p}{476 \cdot 0.8} = \frac{3,53 \cdot 562.2}{476 \cdot 0.8} = 5.211.$$

Приймаємо  $C_{пр} = 2$  зміни.

$$n_{пр.} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шт.}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{3,53} = 215,7.$$

Тоді

$$T_{шт.к.} = \frac{23}{215,7} + 4,74 = 4,84 \text{ хв.}$$

Розрахунки норм на операції заносимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Норми часу на операції

№ опер.	То	Твст	Тз	Ткер	Твим	Тдоп	Тоб+Твід	Тшт	Тп. з	Тшт.к
010	4.25	0.21	0.024	0.247	0.89	1.37	0.199	5.18	23	6.1
015	2.35	0.21	0.046	0.795	0.592	1.643	0.24	4.23	8	4.27
020	4.49	0.21	0,02	0.382	0.51	1.12	0.21	4.74	23	4.84

## 2.8 Оформлення технологічної документації

Проводимо оформлення технологічної документації. Заповнюємо карти: маршрутного технологічного процесу та операційного з ескізами операцій. Технічну документацію представлено у додатках.

Розробка операційно - розрахункової технологічної карти (ОРТК)

ОРТК виконана для позиції I операції 020 Багатоцільова з ЧПК.

На ОРТК приведено операційне креслення з вказаними базами та затискними елементами, координатами осей X,Y,Z, нулем деталі, координатами опорних точок, циклограмами руху інструментів. На кресленні ОРТК приведена таблиця інструментального завантаження позиції I.

При зацентруванні використовується підпрограма L81, яка викликається з пам'яті ПЧПУ підготовчою функцією G81, а при різьбо нарізанні підпрограма L84, яка викликається підготовчою функцією L84.

При свердлінні використовується підпрограма свердління L81.

Підпрограми G81, G84 стандартні і зберігаються у пам'яті ПЧПУ. Система ЧПУ має корекцію на довжину та радіус інструменту.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Проектування верстатного пристрою для верстата з ЧПК

Згідно із завданням необхідно спроектувати пристрій для фрезерування та свердлування отворів на 015 операції для верстата з ЧПК.

#### 3.1.1 Вибір схеми базування деталі «Корпус АГЕ232»

Схема базування вибирається з аналізу постановки розмірів на деталі «Корпус АГЕ232». Пази та отвори розміщені симетрично вісі деталі тому приймаємо поверхню отвору за базу та торець заготовки. Цим базовим поверхням у верстатному пристрої відповідають гладкі циліндричні пальці та установочні пластини. На рис. 3.1. показана схема базування.

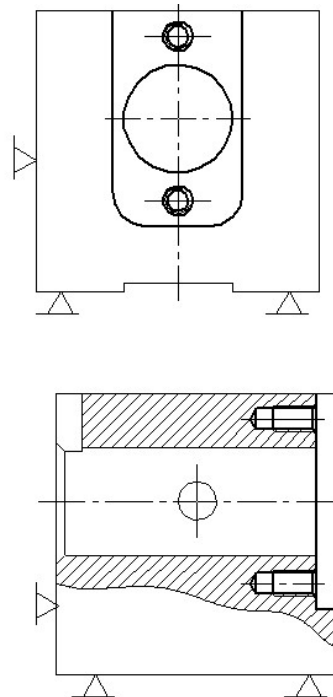


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі «Корпус АГЕ232»

### 3.1.2 Вибір установочних елементів пристрою

В якості установочних елементів використовуємо гладкі циліндричні поверхні - пальці на які деталь встановлюється отвором  $\varnothing 32H7$ , а базовим торцем деталь встановлюється на пластини і закріплюється важільним прихватом.

### 3.1.3 Розрахунок точності обробки

«Допустима похибка обробки:

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

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

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

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

Похибка установки деталі в пристрої

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

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

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

$\xi_3$  - похибка закріплення,  $\xi_3 = 0.012 \text{ мм}$

$\xi_{\text{пр}}$  - похибка пристрою,

$$\xi_{\text{пр}} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) 0.3 = (0.075 \dots 0.03) \text{ мм.} \gg [15].$$

Приймаємо  $\xi_{\text{пр}} = 0.03 \text{ мм}$ .

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

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

Так як  $\Delta_{\text{доп}} > \varepsilon_y$  то пристрій сконструйовано вірно і забезпечує необхідну точність оброблення.

### 3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

Розрахунок приводу пристрою ведемо по переходу фрезерування пазів, так як режими різання фрезерування більш потужний чим свердлування. На рис. 3.3 показано схему базування та закріплення з вказаним напрямом дії сил різання та закріплення.

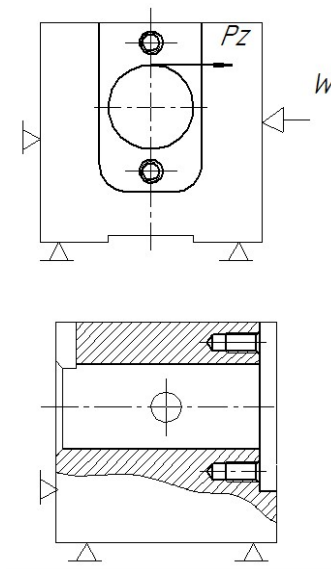


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення

Розрахунок сили затиску ведемо з рівняння рівноваги заготовки:

$$P_z \cdot k = W,$$

$$K = 1,5. P_z = 495 \text{ Н (див розрах. реж. різ.)}$$

звідки

$$W = 495 \cdot 1,5 = 472 \text{ Н.}$$

### 3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

Затискний механізм складається з механізованого клинового затиску. Зусилля затиску та зворотний хід механізму здійснюється від гідроциліндра, (рис. 3.3).

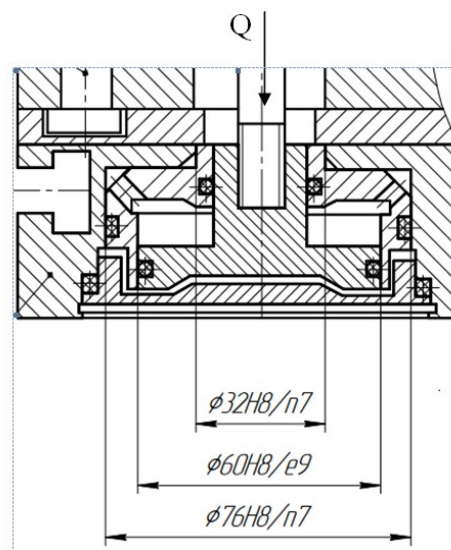


Рисунок. 3.3 – Загальний вигляд приводу пристрою

Знайдемо передавальну характеристику клинового механізму. Тоді сила на штокові  $Q$  гідроциліндра з урахуванням підсилення клиновим механізмом буде:

$$Q = W \operatorname{tg} 30^\circ = 472 \cdot 0,57 = 423,3 \text{ Н.}$$

Розрахунок внутрішнього розміру гідроциліндра (рис. 3.3) ведемо за формулою [13]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 423}{3,14 \cdot 1}} = 23,4 \text{ мм.}$$

де  $p$  – тиск мастила в системі,  $p = 1$  МПа

Дана конструкція пристрою дозволяє швидко переналагоджувати на інші деталі корпусного типу для виконання свердлування отворів більших діаметрів тому приймаємо внутрішній діаметр гідروциліндра 50 мм.

Фактичне зусилля на штокові розраховуємо за формулою:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 1 = 1962 \text{ Н}$$

### 3.1.6 Розрахунок деталей пристрою на міцність

Визначимо найбільш навантажені елементи верстатного пристрою це у нашому пристрої буде різьбове з'єднання тяги з поршнем (див рис. 3.3.).

Розрахунку на міцність підлягає різьбове з'єднання.

«Діаметр різьби визначається за формулою:

$$d = \sqrt{4Q / (\pi \sigma)}, \quad (3.4)$$

де  $Q$  - сила що діє на різьбу,  $Q = 1962$  Н.;

$\sigma$  - допустиме значення межі текучості для різьби (матеріал різьби Сталь 35),  $\sigma = 120$  Н/мм.»

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1962}{3,14 \cdot 120}} = 4,5 \text{ мм.}$$

Для з'єднання вибрано різьбу М12.

Отже умова міцності виконана діаметр різьби  $M12 > 4,5$  мм, розміри різьби вибрано вірно.

### 3.1.7 Опис роботи пристрою

Деталь підшоною встановлюється на площину корпусу пристрою та впирається у гладку опору, встановлену у корпусу пристрою (рис. 3.4). Подається стиснене мастило у гідроциліндр в штокову порожнину їх при русі штока униз тяга діє на клин, який затискає заготовку. Деталь встановлена і затиснута – проводиться оброблення. Після оброблення стиснене мастило подається у гідроциліндр в безштокову порожнину і розтискається заготовка і її замінюють на іншу.

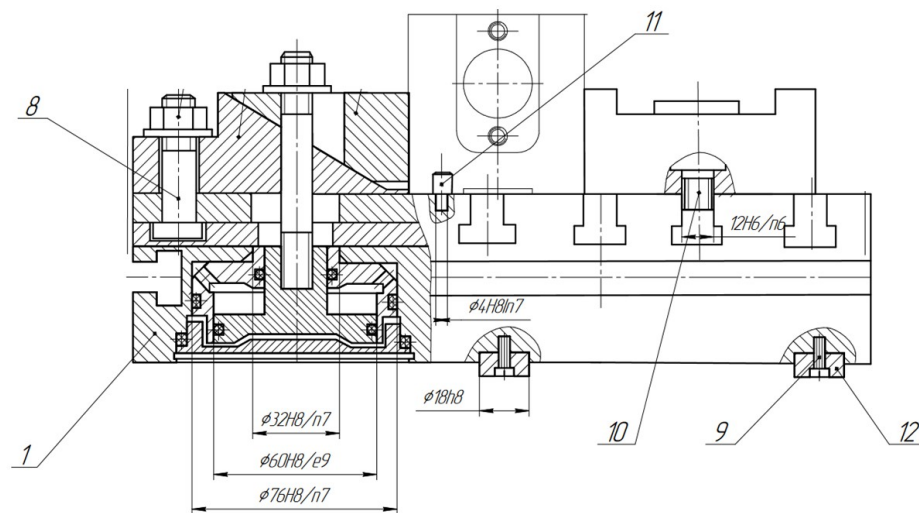


Рисунок. 3.4 – Загальний вигляд верстатного пристрою

## 3.2 Проектування контрольного пристрою

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

Для контролю одної з відповідальних поверхонь ( $\varnothing 32H8$ ) необхідно підібрати вимірювальний інструмент, провести розрахунки виконавчих розмірів і визначити ілюстраційну схему взаємного розташування і допусків деталі і калібру.

### 3.2.2 Розрахунок та проектування вимірювального інструменту для контролю пов. $\varnothing 32H8$

Для контролю розміру  $\varnothing 32H8^{+0,025}$  розраховуємо калібр-пробку. Для цього використовуємо літературу [11].

Допуск ІТ = 25 мкм.

Граничні відхилення ES = +25; EI = 0 мкм.

Граничні розміри валу :  $D_{\max} = 32,025$  мм;  $D_{\min} = 32,00$  мм.

Знаходимо данні для розрахунку:  $Z = 3; Y = 3; H = 4; \alpha = 0$

Найбільший розмір похідного нового калібру-пробки

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z_1 + H_1 / 2 = 32 + 0,003 + \frac{0,004}{2} = 32,005 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібру-пробки ПР  $32,005_{-0,004}$

Найбільший розмір зношеного прохідного калібру-пробки

$$PP_{zn} = D_{\min} - Y = 32 - 0,0033 = 31,997 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

Коли калібр ПР буде мати цей розмір, його треба вилучити з експлуатації.

Найменший розмір непрохідного калібру-пробки

$$HE_{\min} = D_{\max} + H / 2 = 32,025 + \frac{0,004}{2} = 32,027 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібру-пробки НВ 32,027<sub>-0,004</sub>

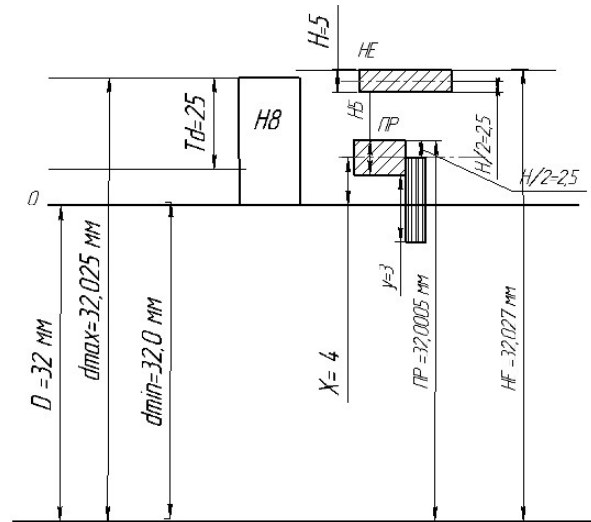


Рисунок 3.5 – Схема розташування полів допусків для розміру  $\varnothing 32H8$

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Безпека роботи внутрішньозаводського внутріцехового транспорту

«Внутрішньозаводський транспорт призначений для перевезення в межах підприємства (до цехів та складів або ж від них) сировини, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва. Вибір засобів внутрішньозаводського транспорту (залізничного, автомобільного, авто- і електронавантажувачів тощо) визначається, головним чином, масштабом і видом виробництва.

На території підприємства, на видних місцях, встановлюються схеми руху транспортних засобів та працівників. З метою забезпечення безпеки, в'їзди та виїзди для транспорту і входи та виходи для людей облаштовують окремо. Кількість транспортних шляхів та їх ширина залежать від кількості та насиченості вантажопотоків конкретного виробництва. При цьому до уваги беруться зручність та безпека руху. В тупикових частинах доріг потрібно передбачити майданчики для розвороту автомобілів. Дороги повинні утримуватись у справному стані, їх необхідно очищати від снігу та льоду.

Швидкість руху транспорту на території підприємства залежить від виду та стану доріг, інтенсивності транспортних і людських потоків, виду транспортного засобу, особливостей та габаритів вантажів, що перевозяться. Так, швидкість залізничного транспорту на території підприємства не повинна перевищувати 10 км/год. Для автомобільного внутрішньозаводського транспорту така ж швидкість допускається лише тоді, коли забезпечується безпека руху: дорога в хорошому стані, шлях вільний і його добре видно. Швидкість руху автомобільного транспорту не повинна перевищувати 5 км/год при в'їзді та виїзді з цеху, при поворотах, при русі на перехрестях, у густому тумані, при русі назад і т. ін. Для полегшення проведення вантажно-

розвантажувальних робіт встановлюють спеціальні естакади та платформи висотою на рівні підлоги кузова автомобіля. На транспортних засобах вантаж розташовують так, щоб під час його транспортування він не міг самовільно зміщуватись, порушувати стійкість машини, випадати, обмежувати оглядовість водія, закривати світлові та сигнальні прилади, номерні знаки.

Освітленість проїздів на території підприємств повинна бути не менше ніж 0,5 лк, а біля воріт і майданчиків відкритого паркування транспортних засобів - не менше 5 лк.

Навантажувачі (авто- та електро-), штабелери та електрокари досить часто застосовуються як внутрішньозаводський транспорт, оскільки дають можливість швидко захопити вантаж, перемістити його на необхідну відстань, підняти на потрібну висоту (в межах можливої) і укласти вантаж у штабелі, не застосовуючи при цьому ручної праці. Їх використання дозволяє значно скоротити трудомісткість і час, які витрачаються на вантажно-розвантажувальні роботи, а також забезпечити безпеку праці під час виконання таких робіт» [14].

«Безпечна експлуатація автовантажувачів, штабелерів та електрокарів передбачає обов'язкове дотримання всіх вимог безпеки. Вилковими захоплювачами навантажувача допускається піднімати вантаж лише у разі наявності просвіту між ним та землею (підлогою). Тому вантажі, що призначені для виконання вантажно-розвантажувальних робіт з використанням навантажувачів, повинні мати спеціальну упаковку або укладатись на піддони (контейнери). Вилками навантажувача дозволяється підіймати вантаж довжиною не більше 4 м. У разі підймання вантажів довжиною 6-7 м на вилки навантажувача необхідно надягнути дерев'яні щити довжиною 2,0-2,5 м, на які й укладається вантаж. Перед підйманням та транспортуванням вантажу необхідно перевірити, чи маса вантажу відповідає вантажопідйомності навантажувача, а його ширина - ширині проїзду. Вантаж необхідно рівномірно розподілити на обидва захоплювачі; при цьому він не повинен виступати за

габарити вилок більше, ніж на третину їх довжини. Висота підймання вантажу від землі під час його перевезення не повинна перевищувати 0,5 м.

Важелі керування навантажувачами та електрокарами, а також місця водіїв необхідно огороджувати для того, щоб запобігти пораненню чи травмуванню ніг або рук водія. Навантажувачі та штабелери, призначені для підймання вантажів на висоту понад 2,0 м необхідно обладнати захисним огородженням над головою водія або кабіною.

З метою забезпечення безпеки навантажувачі, штабелери та електрокари необхідно обладнати такими засобами: гальмами з ручним та ножним керуванням; звуковим сигналом; стоп-сигналом; робочим освітленням (фарами); пристроєм, що унеможливорює використання транспортного засобу сторонньою особою; автоматичним пристроєм, що вимикає двигун і вмикає гальмо у разі звільнення водієм ручки керування і кінцевими вимикачами, які вимикають систему у випадку перевищення допустимої висоти підймання. Електронавантажувачі повинні ще мати спеціальні пристосування, які захищають механізм підймання від перенавантаження.

Швидкість руху транспорту всередині приміщення (складу) по головних проходах не повинна перевищувати 6 км/год, а при в'їзді та виїзді з дверних отворів - не більше 3 км/год.

Електронавантажувачі та електрокари на відміну від автонавантажувачів, характеризуються простотою обслуговування та керування, безпечні в пожежному відношенні, не виділяють шкідливих газів та парів і не створюють шуму. Тому перевагу у використанні необхідно надавати саме їм.

На видних місцях на території підприємства встановлюються схеми руху транспортних засобів і дорожні знаки. Швидкість руху на території підприємства заложить від виду та стану доріг, інтенсивності транспортних і людських потоків, специфіки транспортних засобів і вантажів, що перевозяться.

З метою забезпечення безпеки на території підприємства та в цехах вивішуються схеми руху транспорту та робітників. Ширина воріт для автотранспорту повинна бути на 1,5 м ширшою, ніж ширина автомобіля, але не менша 4,5 м. Максимальна висота вантажу, котрий навантажується на автомобіль, повинна бути не більше 3,8 м над рівнем дороги, а ширина - не більше 2,5 м.

Освітленість проїздів на території підприємств повинні бути не менше 0,5 лк, а біля воріт і майданчиків відкритого паркування транспортних засобів - не менше 5 т. Аварійні освітлювальні системи повинні забезпечувати освітленість не менше 1 лк на майданчиках підприємства і не менше 0,2 лк на відкритих територіях. Місця проведення ремонтних робіт, траншеї, ями повинні бути огорожені і позначені дорожніми знаками, а вночі світловою сигналізацією. Огородження повинні мати сигнальне пофарбування смугами чорного та жовтого кольорів.

З метою забезпечення безпеки влаштовуються окремі в'їзди та виїзди для транспорту, входи та виходи для людей. Швидкість руху транспортних засобів на території підприємства не повинна перевищувати 5 км/год.

Проїжджа частина повинна бути розміченою. Межі проїжджої частини повинні бути встановлені з врахуванням габаритних розмірів транспортних засобів разом з вантажами, що перевозяться. Відстань від межі проїжджої частини до елементів конструкції будівель та обладнання повинна бути не менше 0,5 м, а під час руху людей - не менше 0,8 м.

За необхідності міжцехових переміщень вантажів всіма видами безрейкового транспорту під час двостороннього руху влаштовують магістральні проїзди. Їх кількість та розташування залежать від планування виробничої будівлі, і розмірів в плані, місця розташування цехів, де перевозиться вантажі. Ширина проїздів для автомобілів, електронавантажувачів - 5,5 м. Ширина проїздів та відстань між верстатами і робочими місцями для підлогового транспорту залежить від виду та

вантажопідйомності транспортних засобів, способів організації руху (односторонній, двосторонній, без розвороту, з розворотом на 90° або 180°) від розташування обладнання і робочих місць. На підприємствах практично всіх галузей промисловості широко застосовуються конвеєри. Всі рухомі частини конвеєрів, до котрих можливі дотик працівників, повинні бути огорожені. Огородження може бути заблокованим з приводом конвеєра з метою вимикання приводу під час зняття або відкривання огороження. Повинні бути огорожені оглядові люки пересипних лотків, бункерів, розташованих у місці завантаження і розвантаження конвеєрів. Проходи і проїзди під конвеєрами огорожуються суцільними навісами, які виходять за межі конвеєра на 1 м.

Частини траси конвеєрів, де прохід людей заборонений, загороджуються поруччям висотою 1,0 м від підлоги» [14].

#### **4.2 Безпека внутрішнього транспорту**

«Внутрішньоцеховий транспорт призначений для транспортування вантажів у межах цеху, між дільницями, внутрішньоцеховими складами, окремими агрегатами та робочими місцями відповідно до технологічного процесу виробництва. При потоковому методі виробництва внутрішньоцеховий транспорт є тим організуючим началом, що забезпечує роботу технологічної лінії, дільниці, цеху в певному ритмі. Операції внутрішньозаводського транспортування сировини, напівфабрикатів, виробів виконуються, переважно, транспортними засобами конвеєрного типу, а на підприємствах з незначними вантажопотоками застосовують візки та вантажопідіймальні крани.

Транспортні засоби конвеєрного типу можна поділити на:

- транспортні засоби з тяговими органами - ланцюгові, канатні, стрічкові та пластинчасті конвеєри і елеватори;

- транспортні засоби без тягових органів - гравітаційні роликові транспортери (рольганги), похилі (пандуси) та гвинтові спуски.

Конвеєри, елеватори повинні мати надійне огородження всіх рухомих частин, до яких можуть торкатися працівники у процесі роботи. При необхідності огородження може бути заблоковане з приводом конвеєра для того, щоб у разі його відкриття привід конвеєра автоматично вимикався. Тоді значно зменшується небезпека травмування працівників у небезпечній зоні. Конвеєри повинні мати аварійні вимикачі у головній і хвостовій частинах, а при необхідності - в інших частинах конвеєра. При значній довжині конвеєра або коли є ділянки траси конвеєра, що погано проглядаються з місця керування, встановлюється передпускова попереджувальна світлова та (або) звукова сигналізація, яка автоматично вмикається у разі натискання кнопки "Пуск" і лише після цього з певною затримкою (3-5 с) вмикається привід конвеєра.

На підвісних конвеєрах (транспортерах) встановлюють захисне огородження, яке запобігає травмуванню працівників у разі випадкового падіння вантажу (рис. 4.1), та вловлювачі, які не допускають зворотного руху конвеєра у разі обриву ланцюга (рис. 4.1).

Елеватори, які призначені для транспортування пилоподібних речовин, закривають герметичними кожухами.

Рисунок 4.1. Захисне огородження підвісного конвеєра

Рисунок 4.2 Схема встановлення вловлювача на підвісному конвеєрі:

1 - монорельс; 2 - ролики підвіски; 3 - привідний ланцюг; 4 - підвіски для виробів; 5 - гальмівний вловлювач

При відкриванні кришки чи люка, а також при обриві конвеєрної стрічки привід автоматично вимикається. Крім того, верхня та нижня головки елеватора з'єднані сигналізацією та блокувальним пристроєм.

Конвеєри встановлюють таким чином, щоб їх було зручно та безпечно обслуговувати. Проходи з обох сторін конвеєра повинні мати ширину не менше 1 м. Через конвеєри довжиною понад 20 м у необхідних місцях встановлюють містки з поручнями для проходу людей.

В приймальній частині рольгангів, похилих та гвинтових спусків необхідно оснащувати обмежувачами із гасниками швидкості (амортизаторами чи буферами). Рольганги, які розміщені на висоті більше ніж 1 м, похилі та гвинтові спуски повинні мати огороження з обох сторін по всій довжині, які запобігають випаданню вантажів. Відстань між роликками має бути такою, щоб під час переміщення вантажу він опирався не менше ніж на три ролики. В місцях поворотів рольгангів належить встановлювати запобіжні бортики висотою 0,12-0,3 м. Кут нахилу рольганга повинен бути таким, щоб швидкість руху вантажу не перевищувала 3 м/с.

Для переміщення вантажів під дією сили тяжіння з вищого рівня на нижчий також використовують похилі та гвинтові спуски. Вони повинні

закінчуватись майданчиком з приймальним столиком висотою 0,7-0,9 м. Спуск повинен мати бортики висотою 0,1 м. Біля люків та отворів у підлозі для завантажування спусків необхідно встановлювати міцні захисні огорожі висотою не менше 0,9 м. Кут нахилу ковзкої поверхні похилого спуску повинен бути не більший 30°.

Ручні вантажні візки значно полегшують умови праці під час переміщення вантажів і є чи не єдиним внутрішньоцеховим транспортним засобом на малих, дрібносерійних промислових підприємствах. Вони повинні бути стійкими, мати справні рами, платформи без перекосів, надійно закріплені колеса на підшипниках та поручні. Існує кілька видів вантажних візків: на двох, трьох та чотирьох колесах, з нерухомою платформою та такою, що підіймається. Перед користуванням вантажними візками з платформами, що підіймаються, необхідно перевірити справність механізму підіймання і лише тоді розпочинати її завантаження.

Вантажі кладуть на візок таким чином, щоб вони не виходили за габарити платформи і не створювали перевантаження на один бік. Оскільки на вантажних візках відсутні гальмівні пристрої, то вони повинні рухатись плавно, без поштовхів, ривків та раптових зупинок. Кількість робітників, які супроводжують навантажений візок повинна бути такою, щоб недопускати їх перевантаження при русі вгору чи самовільне проковзування візка при русі вниз по похилій площині. При цьому необхідно стежити, щоб візок з вантажем не перекинувся» [14].

## **5 ВИСНОВКИ**

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. Виконано розрахунки: типу виробництва, вибір заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки з листа лазерною порізкою.

В конструкторському розділі виконано розрахунки верстатного пристрою для фрезерування. Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій пробку.

В розділі охорони праці приведено дані по безпеці роботи внутрішньозаводського та внутрішньоцехового транспорту.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
2. Шабайкович В.А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
3. Технологія машинобудування. [Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882 с.
4. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
5. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І.І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник [ В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін.], за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
7. Залога В.О. О.О. Залога О.О., В.Д. Гончаров В. Д. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник.; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
8. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
9. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
10. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
11. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726 с.

12. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

13. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

14. Жидецький В.Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

15. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка.