

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра галузеве машинобудування**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Електрична пилка поздовжнього поділу  
туш свиней та великої рогатої худоби»

КРБ.133ГМбд\_21[1].02.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання*  
*сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 *«Галузеве*  
*машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_21[1]  
БІЛИК Юрій

Керівник: докт. техн. наук, доцент  
ВЕТОХІН Володимир

**Полтава – 2022 року**

## ВСТУП

Останнім часом у сучасному виробництві, зокрема на підприємствах Полтавської області, простежується тенденція зменшення рівня багатосерійного і масового виробництва з переходом у ряді випадків на серійне, дрібносерійне та індивідуальне виробництво. Це пов'язано із нестійкою номенклатурою продукції, яка підлягає реалізації, необхідністю зміни конструкцій виробів для постійного підвищення якості, а також зменшення обсягів виробництва із урахуванням потреб ринку та іншими суттєвими чинниками [5-7].

До переваг застосування дрібносерійного виробництва можна віднести можливість застосування більш точного обладнання, можливість працювати над підвищенням якості продукції, що, в кінцевому результаті, дає більш високу конкурентоспроможність товару, що виробляється.

Слід згадати, що будівництво нового цеху на сьогоднішній день обходиться дорого, тому на різних підприємствах технологічні процеси для цього типу виробництва розроблені в основному на наявному технологічному обладнанні. При цьому досягнення високих показників можливе лише за дотримання наступних умов [13]:

- удосконалення форм і методів організації технологічних процесів на основі використання досягнень науки і техніки, наукової організації праці, комплексної механізації та автоматизації;

- максимальне скорочення процесів обробки металів різанням за рахунок використання заготовок, що за формою, розмірами та якістю поверхонь наближаються до готових деталей;

- застосування для механічної обробки високопродуктивного технологічного обладнання і технологічного оснащення;

- пошуки засобів і методів підвищення точності форм і розмірів деталей та якості їх поверхонь з метою підвищення надійності і довговічності продукції, що виготовляється.

Електрична пила, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є обладнанням для поздовжньої обробки туш свиней та великої рогатої худоби на підприємствах, діяльність яких пов'язана із переробкою м'яса.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є електрична пила поздовжнього розпилювання туш свиней та великої рогатої худоби, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу та штоку, що входять до складу пилки.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його складових частин, проаналізувати діючі технологічні процеси, запропонувати маршрути обробки поверхонь деталей, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;
- сконструювати технологічне оснащення та здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки корпусу електричної пилки, здійснити інженерний розрахунок захисного заземлення, запропонувати заходи пожежної безпеки на виробництві;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Електрична пила (рисунок 1.1) призначена для поздовжнього розпилування тул великої рогатої худоби та свиней на півтуші у цехах первинної обробки худоби та свиней на м'ясокомбінатах. Вона складається з корпусу 1, у якому розташовано крилошипно-шатунний механізм (колінчастий вал) 5, який приводиться в рух електродвигуном 2, вертикально закріпленим на верхньому фланці корпусу болтами. Колінчастий вал за допомогою шатуна 15 та штока 16 передає горизонтально-поступальний рух полотну 13, а останнє вільно ковзає в направляючих лучах 18, прикріпленого болтами до корпусу 1. Другий шатун колінчастого вала 5 з'єднано з противагою 7, що переміщується зворотно-поступально в протилежній частині корпусу 1. Вона призначена для зменшення вібрації електропилки. Шток 16 та противага 7 рухаються у бронзових втулках, запресованих у корпусі 1. Положення колінчастого вала 5 у корпусі регулюється гайкою, яка фіксується кришкою зі штифтом, розташованими на піддоні 6. Піддон закриває нижню частину корпусу 1 та є резервуаром для мастильної рідини.

Змащення деталей, що труться, здійснюється за рахунок подачі мастила розбризкувачем, встановленим на колінчастому валу 5. У верхній частині корпусу знаходиться сачок для з'єднання внутрішньої частини корпусу з атмосферою. На піддоні 6 знаходяться 2 пробки: верхня – для контролю рівня мастила, нижня – для його зливу. Для попередження викиду мастила з корпусу на штоці 16 є ущільнення з сальниковою набивкою, що підтискається гайкою 20. У робоче положення електропила підвішується за підвіску 17, яка прикріплена до корпусу 1. На підвісці є фіксатор для розташовування пилки в горизонтальному положенні. Увімкнення пилки здійснюється кнопкою, розміщеною на ручці.

Основні технічні параметри електричної пилки наступні:

- кількість подвійних ходів пильного полотна, хв. 1320;

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.1 – Електрична пилка

- довжина ходу полотнища, мм	85;
- товщина полотнища, мм	1,8;
- встановлена потужність, кВт	2,4;
габаритні розміри, мм, не більше:	
довжина	1330;
ширина	310;
- висота	700;
- маса (без кабелю), кг, не більше	63.

Першою деталлю, що виводиться на розгляд у кваліфікаційній роботі буде корпус (рисунок 1.2). Він призначений для базування, встановлення та закріплення функціонального механізму. Другою деталлю є шток (рисунок 1.3), призначений для передачі зворотно-поступального руху до полотна пили.

Корпус електричної пилки виготовлено із алюмінієвого сплаву AL9 (ДСТУ ISO 209-1:2002), що дозволяє значно зменшити вагу. Цей фактор, безумовно, є вирішальним для зручності використання даного обладнання.

Шток спроектовано із малозуглецевої сталі 20 ДСТУ 7809:2015 із подальшою цементацією, що дозволяє використовувати зовнішню більш міцну поверхню (зовнішня поверхня працює на тертя).

## 1.2 Характеристика матеріалу деталей, заміників

При виготовленні обраних деталей електричної пилки у якості матеріалів застосовується та алюмінієвий сплав AL9 (ДСТУ ISO 209-1:2002) системи Al-Si-Mg та сталь 20 ДСТУ 7809:2015.

Хімічний склад і властивості цього матеріалу корпусу приведені в таблиці 1.1. Крім того, наведені марки та хімічний склад матеріалів, якими можна замінити базовий матеріал [7].

Рисунок 1.2 – Корпус

Рисунок 1.3 – Штук

Таблиця 1.1 – Хімічний склад, властивості матеріалу корпусу, матеріал-замічник

Матеріал	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	Твердість НВ·10 <sup>-1</sup> , МПа	Масова частка хімічних елементів, %							
			Si	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn	Pb	Sn
АЛ9	170...230	70	6-8	0,2	0,2-0,4	0,5	0,5	0,3	0,05	0,01
АК9	196...245	70...90	8-11	1	0,2-0,4	0,5	0,8	0,5	-	-

Шток електропили виготовляється із сталі 20. Ця сталь відноситься до другої групи вуглецевих сталей разом із сталями 15, 25. Вони добре зварюються та обробляються різанням. Використовуються для виготовлення деталей із підвищеною зносостійкістю, але тільки після цементації та відповідної термічної обробки. При цьому вони не підлягають великим навантаженням. Хімічний склад і властивості цього матеріалу штока приведені в таблиці 1.2. Крім того, наведені марки та хімічний склад матеріалів, якими можна замінити базовий матеріал [7].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, властивості матеріалу штока, матеріал-замічник

Матеріал	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	Твердість НВ·10 <sup>-1</sup> , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
Сталь 20	490	127...207	0,17- 0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,035	0,04
Сталь 15	420	121...197	0,12- 0,19	0,17-0,37	0,35-0,65	0,035	0,04

### 1.3 Аналіз параметрів точності

Під точністю обробки розуміють точність виконання розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь. Точність виконання розмірів визначається відхиленнями фактичних розмірів обробленої поверхні деталі від її конструктивних розмірів, які вказуються на кресленнях із відповідними відхиленнями (допусками), встановленими стандартами [17, 22, 47, 48].

Допуск розміру - різниця між найбільшим та найменшим граничним розміром або абсолютна величина алгебраїчної різниці між верхнім та нижнім відхиленнями.

Стандартами також визначено граничні відхилення форми обробленої поверхні (конусоподібність, діжкоподібність, сідлоподібність) та точність взаємного розташування поверхонь. Також узедені квалітети точності.

Шорсткість поверхні - це сукупність нерівностей поверхні з відносно малим кроком на базовій довжині.

Підвищена точність заготовки приводить до зниження трудомісткості подальшого оброблення деталей та зменшення витрати матеріалів, а висока точність деталей забезпечує високопродуктивне складання, взаємозамінність, скорочення строків ремонту машин.

Дані про точність виготовлення корпусу та штока, що зображені на рисунках 1.4 та 1.5, заносимо до таблиць 1.3 та 1.4.

З таблиці 1.3 видно, що вказані характеристики точності та шорсткості відповідають службовому призначенню корпусу.

З таблиці 1.4 видно, що вказані характеристики точності та шорсткості відповідають службовому призначенню штока.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.4 – Корпус

Рисунок 1.5 – Шток

Таблиця 1.3 – Параметри точності корпусу

№ пов.	Назва поверхні	Розмір, відхилення	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7
1	Горець	137	H14	-	-	12,5
2	Площина	21	H14	-	-	12,5
3	Площина	30	H14	-	-	12,5
4	Циліндрична	∅115	H9	-	-	6,3
5	Циліндрична	∅180	H9	-	-	6,3
6, 7	Площина	R20	H14	-	-	12,5
8, 9	Отвір	∅13	H14	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
10-13	Різьба	M8-6H	-	-	-	3,2
14-17	Різьба	M12-6H	-	-	-	3,2
18	Площина	137	h14	-	-	12,5
19	Циліндрична	Ø170	H7	-	-	1,6
20	Циліндрична	Ø174	h14	-	-	12,5
21-22	Отвір	Ø11	H14	-	-	12,5
23-27	Різьба	M6-6H	-	-	-	3,2
28	Паз	R40	H14	-	-	12,5

Таблиця 1.4 – Параметри точності штока

№ пов.	Назва поверхні	Розмір, відхилення	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	225 <sub>-0,15</sub>	h14	-	-	12,5
2	Циліндрична	Ø40 <sup>+0,62</sup>	H14	-	-	12,5
3	Торець	15	H14	-	-	12,5
4	Паз	22R9	H14	-	-	6,3
5	Торець	47	H14	-	-	12,5
6	Циліндрична	Ø22	H14	-	-	6,3
7	Циліндрична	Ø45	f9	-	-	0,4

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
8	Циліндрична	Ø18	H7	-	-	0,8
9	Копіявка	Ø19,5	H14	-	-	6,3
10	Площина	1	h14	-	-	3,2
11	Площина	8 <sub>-0,36</sub>	h14	-	-	6,3
12	Торець	20	h14	-	-	3,2
13	Торець	225 <sub>+0,15</sub>	h14	-	-	12,5

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в електричних пилках у кількості 500 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

$$N_{зан} = (N_{вил} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (1.1)$$

де  $N_{вил}$  – річна програма випуску виробів, шт.;

$N_{зч}$  – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од.;

$k_{бр}$  – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2,5% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та які йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (500 + 0,04 \cdot 500) \cdot (1 + 0,025) = 533 \text{ шт.}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей електричної пилки не перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – дрібносерійний.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталей

При об'єктивній оцінці технологічності конструкції машин, їх деталей і вузлів, враховують ряд позитивних факторів, що визначають технологічність конструкції [2]. До них відносяться:

- 1) оптимальна форма деталі, що забезпечує виготовлення заготовки з найменшим припуском і найменшою кількістю оброблюваних поверхонь;
- 2) найменша маса машини;
- 3) найменша кількість матеріалу, застосовуваного в конструкції машини;
- 4) взаємозамінність деталей і вузлів з оптимальним значенням полів допуску;
- 5) нормалізація (стандартизація) і уніфікація деталей, вузлів і їх окремих конструкторських елементів.

Вимоги до технологічності висуваються на таких самих вимогах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів із ЧПК конструктор може створити деталі зі складною поверхнею, а не максимально спрощувати її. Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі в умовах виробництва зводимо до таблиць 2.1, 2.2.

Розглянувши таблицю 2.1, можна зробити висновки, що в цілому корпус за більшістю показників є технологічною деталлю для умов автоматизованого виробництва.

Розглянувши таблицю 2.2, можна зробити висновки, що в цілому шток за більшістю показників є технологічною деталлю для умов автоматизованого виробництва.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності корпусу

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують жорстке надійне закріплення заготовки, вільне підведення різального інструменту	Цей показник технологічності є задовільним. Заготовка має технологічні бази для кріплення.	-
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її встановлення за допомогою простих пристосувань	Деталь має складну форму, тобто цей показник не є задовільним.	
3	Створи повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід	Дана деталь не відповідає даній вимозі.	
4	В багатоопераційних верстатах із ЧПК не рекомендується обробка кутів відмінних від 45 та 90°.	Відносно цього показника деталь повністю відповідає	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	Для можливості автоматичної обробки корпусних деталей небажано застосовувати різьбові отвори, менші за М6	Цей показник є задовільним.	-
6	Наявність внутрішніх торців, які необхідно обробляти	Цей показник не витримано, у корпусі наявні внутрішні торці, що підлягають обробці	-
7	Доступність поверхонь для обробки візальним інструментом та для безпосереднього вимірювання одержаних розмірів	Цей показник майже відповідає конструкції корпусу за винятком деяких внутрішніх отворів, для вимірювання яких розроблено спеціальний вимірювальний пристрій	-

Таблиця 2.2 – Аналіз технологічності штока

№ з.п.	Показники технологічності	Експовки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Зручні технологічні бази (жорсткість, надійність закріплення заготовки, вільне підведення РІ	Так, вимога забезпечена	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
2	Вали повинні мати центрові отвори для базування при обробці та контролі	Центрові отвори присутні	-
	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, ребра не потрібні, конструкція технологічна	-
4	Наявність глухих отворів	Глухі отвори відсутні	-
5	Внутрішні торці, що необхідно обробляти	Присутні, цього неможливо уникнути	-
6	Чи є скоси або пази під кутами відмінними від 45°?	Ні, конструкція технологічна	-
7	Чи наявні отвори, що неперпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
8	Для можливості автоматичної обробки корпусних деталей небажано застосовувати різьбові отвори, менші за М6	Такі отвори відсутні, технологічно	-

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Корпус виготовляють із виливка у лісчану форму. Це вимагає значних припусків на механічну обробку. Не зважаючи на те, що даний метод отримання

вилітків є найдешевшим, послідувача обробка вимагає значних затрат на зняття припуску, а коефіцієнт використання матеріалу малий. Тому нами запропоновано отримувати заготовку корпусу литвом у кокіль.

Оскільки припуски було зменшено, то деякі операції механічної обробки втратили свою необхідність, що значно зменшило час на обробіток та трудомісткість обробки одиниці виробу.

На виробництві корпус виготовляється в умовах одиничного виробництва. При виготовленні використовуються верстати із ЧПК, універсальні пристосування та ручний інструмент. Для умов дрібносерійного типу виробництва запропоновано застосування знову ж таки верстатів із ЧПК, але із використанням спеціальних пристосувань для встановлення та контролю.

Використання прогресивних пристосувань та пристроїв дозволяє значно зменшити штучний час виготовлення деталей, час на перевстановлення деталей та на допоміжні операції, а, відповідно, і затрати електроенергії, інструменту та ін.

Шток на підприємстві виготовляють із зварної заготовки, яка складається із двох частин: прутка і труби. Запропоновано використовувати заготовку, що складається із трьох частин: двох прутків та труби. Такі зміни приводять до зменшення відходів матеріалу, але й до збільшення зварювальних робіт. На якість заготовки ці зміни майже не впливають. Заготовка підлягає подальшому зняттю напружень, а після відповідного механічного обробітку – цементації та гартуванню.

На заводі шток виготовляється в умовах одиничного виробництва. При виготовленні використовуються універсальні верстати, верстати із ЧПК, універсальні пристосування та різальний інструмент. Для умов дрібносерійного виробництва вирішено не змінювати верстатного обладнання. Змінено пристосування – спроектовано затискове пристосування саме для деталі шток, що входить до складу електричної пилки.

Наведені заходи зменшують собівартість деталей і, як наслідок, собівартість електричної пилки. Час, витрачений на обробіток деталей пилки також значно зменшується.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Маршрут обробки будемо для кожної оброблюваної поверхні за наступною схемою:

- 1) обираємо поверхню деталі та заносимо її позначення, квалітет точності, допуск та шорсткість за кресленням.
- 2) заносимо загальне уточнення, яке розраховуємо за наступною формулою:

$$\varepsilon_{заг} = \frac{\delta_z}{\delta_o}, \quad (2.1)$$

де  $\delta_z$  – допуск на розмір заготовки до поверхні, що аналізується;

$\delta_o$  – допуск на розмір по даній поверхні встановлений за кресленням;

3) використовуючи типові маршрути обробки поверхонь та керуючись вимогами креслення, обираємо не менш двох можливих маршрутів обробки кожної поверхні, визначаємо, у тому числі, й метод її остаточної обробки. Зміст маршрутів заносимо у таблицю 2.3;

4) поверхню деталі обираємо один раз, тобто остаточний метод обробки буде єдиним; проте одноразової обробки недостатньо, тому маршрут буде мати ряд проміжних чорнових та напівчистових оброблень;

5) у кожній проміжній обробці з таблиць економічної точності обираємо допуски на обробку та розраховуємо уточнення за формулою:

$$\varepsilon_{заг} = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (2.2)$$

де  $\delta_{i-1}$ ,  $\delta_i$  – допуск на розмір відповідно за попереднім та наступним обробленням поверхні.

Розкладаючи загальне уточнення на співмножники, слід урахувати типові рекомендації: для першого ступеня чистової обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистової обробки  $\varepsilon = 3...4$ ; для ступенів чистової обробки  $\varepsilon = 1,5...2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно використовувати формулу:

$$n_p = \frac{\lg \varepsilon}{0,46} \quad (2.3)$$

Наприклад для поверхні  $\varnothing 170$  із допуском за 7-м квалітетом Т(Д)=40 мкм уточнення дорівнює

$$\varepsilon = 1200/40=30.$$

Тоді

$$n = \lg 30/0,46=3,2.$$

Приймаємо 3 переходи.

Можливі варіанти маршруту обробки поверхні  $\varnothing 170\text{H}7$  у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Можливий маршрут обробки поверхні  $\varnothing 170\text{H}7$

№ пов.	Розмір поверхні	Допуск заготовки	Допуск деталі	Уточнення	Число переходів	МОП
1	$\varnothing 170\text{H}7$	1600	64	25	3	1 Фрезерування сорн. 2 Фрезерування н/ч 3 Фрезерування чист.

В таблиці 2.4 наводимо маршрут обробки корпусу.

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки корпусу

№ опер.	Назва операції	Зміст
1	2	3
005	Заготівельна	Виготовлення заготовки
010	Термічна	Старіння природне
015	Фрезерна із ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виставити заготовку у пристосуванні, витримавши осьові за всіма площинами.</li> <li>2. Торцевати площину 1 за два проходи.</li> <li>3. Торцевати площину 2.</li> <li>4. Торцевати площину 3 за два проходи.</li> <li>5. Розфрезерувати отвір 4.</li> <li>6. Розфрезерувати отвір 5.</li> <li>8. Фрезерувати вигин 6.</li> <li>9. Підчистити поверхню 2.</li> <li>10. Фрезерувати вигин 7.</li> <li>11. Зняти фаски до чистих діаметрів для попередження виникнення заусениць.</li> <li>12. Розфрезерувати отвори 4 і 5 начисто.</li> <li>13. Зняти прихвати.</li> <li>14. Зацентрувати всі отвори із одночасним зняттям фасок.</li> <li>15. Свердлити 2 отвори на вушках 13 мм.</li> <li>16. Свердлити 4 отвори М8</li> <li>17. Свердлити 4 отвори М12 по колу та 2 отвори 10</li> <li>18. Нарізати різьби М8 за допомогою різьбонарізних патронів з осьовою корекцією кроку.</li> </ol>

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
015	Фрезерка із ЧПК	19. Нарізати різьби M12 за допомогою різьбонарізних патронів з осьовою корекцією кроку. 20. Встановити корпус іншою стороною у пристосування. 21. Торцевати площину. 22. Розфрезерувати отвір 8 начорно. 23. Розфрезерувати отвір начисто (3 проходи). 24. Обробити отвір R40. 25. Зняти фаску. 26. Розфрезерувати отвір 8 170 мм вчисто. 27. Центрувати всі отвори з одночасним зняттям фасок. 28. Сверлити 6 отворів M6-6H. 29. Нарізати різьби за допомогою різьбонарізних патронів із осьовою корекцією кроку.

В таблиці 2.5 наводимо маршрут обробки штока

Таблиця 2.5 – Маршрут обробки штока

№ опер.	Назва операції	Зміст
1	2	3
005	Заготівельна	Виготовлення заготовки

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
010	Токарна	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, вивірити, закріпити, зняти.</li> <li>2. Підрізати торець начисто.</li> <li>3. Зацентрувати торець.</li> <li>4. Підтиснути центром.</li> <li>5. Точити поверхню <math>\varnothing 48</math> мм на <math>\varnothing 45,8</math> мм до кулачків (на кінцях залишаються необроблені ділянки розміром 30 мм).</li> <li>6. Перевстановити, вивірити, закріпити.</li> <li>7. Підрізати торець, витримавши розмір <math>227 \pm 0,5</math> мм.</li> <li>8. Зацентрувати торець.</li> <li>9. Точити поверхню <math>\varnothing 48</math> мм на <math>\varnothing 45,8</math> мм до кулачків.</li> <li>10. Точити фаску <math>2,5 \ 45^\circ</math>.</li> </ol>
015	Зміцнення	Цементация
020	Токарна	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підрізати торець, витримавши розмір <math>225 \pm 0,5</math> мм.</li> <li>2. Точити поверхню <math>\varnothing 48</math> мм на <math>\varnothing 45,6</math> мм у розмір 20 мм (зняти цементований шар).</li> <li>3. Точити фаски <math>2,5 \ 45^\circ</math>.</li> </ol>
025	Піч	Гартування
030	Шліфувальна	Шліфувати $\varnothing 45 \text{H9}$ .
035		Контрольна

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
040	Токарна	Свердлити отвір $\varnothing 22^{+0,5}$ у розмір $60 \pm 0,3$ . Розточити отвір $\varnothing 40H9$ у розмір 15мм. Точити фаску $2,5 \times 45^\circ$ .
045	Фрезерна	Фрезерувати паз 22R9 у розмір 40 мм.
050	Токарна	Центрувати торець $\varnothing 3,15^{+0,3}$ у розмір $8 \pm 1,0$ . Свердлити отвір $\varnothing 14^{+0,4}$ на прохід. Розточити отвір $\varnothing 18H7$ на прохід. Розточити канавки, витримавши $\varnothing 19,5$ ; $3,3 \pm 0,1$ ; $1,2 \pm 0,2$ ; $36 \pm 0,3$ .
055	Фрезерна	Фрезерувати 2 площини, витримавши розміри: $20 \pm 0,2$ ; $8 \pm 0,1$ ; $1 \pm 0,1$ .

#### 2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Визначення оптимальних припусків на обробку тісно пов'язане із встановленням проміжних та початкових розмірів заготовки. Ці розміри необхідні для конструювання штампів, прес-форм, моделей, моделей спеціального різального та вимірювального інструменту, а також для налаштування металорізальних верстатів та іншого технологічного обладнання. На основі визначених припусків можна об'рунтовано визначити масу початкових заготовок, режими різання, а також норми часу на виконання операцій механічної обробки [39].

Визначення припусків розглянемо для деталі корпус для поверхні  $\varnothing 170H7$  мм.

При розрахунково-аналітичному методі [37-39] користуються спеціальною розрахунковою картою. Приклад розрахунку припусків із використанням розрахункової карти наведено в таблиці 2.6.

Як відомо, розрахунковий припуск при обробці циліндричної поверхні – це різниця між найменшими граничними розмірами на суміщених технологічних переходах:

$$2Z_{i \min} = D_{\min} - D_{(i-1) \min}, \quad (2.4)$$

де  $2Z_{i \min}$  – мінімальний припуск за діаметром;

$D_{i \min}$  – мінімальний розмір на попередньому переході;

$D_{(i-1) \min}$  – мінімальний розмір на переході, що виконується.

Мінімальний припуск для поверхонь обертання:

$$2Z_{i \min} = 2D \left( R_{z i \min} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}} \right), \quad (2.5)$$

де  $R_{z i \min}$  – висота мікронерівностей;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару;

$\rho_{i-1}$  – сумарне значення просторових відхилень;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка встановлення на переході, що виконується.

Вірність розрахунків здійснюємо за формулою:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = Td_{заг} - Td_{дет}, \quad (2.6)$$

де  $Td_{заг}$ ,  $Td_{дет}$  – допуски заготовки і деталі відповідно.

Таблиця 2.6 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці отвору  $\varnothing 170H7^{(+0,04)}$  мм

Технологічні переходи	Величини				Розрах. прип. $Z_{min}$ , мкм	$d_{min}$ , мм	Допуск, мкм	$D_{min}$ , мм	$D_{max}$ , мм	$2Z_{min}$ , мм	$2Z_{max}$ , мм
	$V_z$	T	$\rho$	$E_y$							
Заготовка	800	800	394	-	-	172,295	1200	172,295	173,495	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	20	127	2121	170,174	460	170,174	170,634	1,644	2,641
Фрезерування напівчистове	20	25	2	6	126	170,048	120	170,048	170,168	0,126	0,256
Фрезерування чистове	5	-	-	6	47	170,00	40	170,00	170,04	0,001	0,034
Всього										1,771	2,931

Отже,

$$2931 - 1771 = 1200 - 40 ;$$

$$1160 = 1160 .$$

Умова виконується.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Затискне пристосування використовується на фрезерній операції під час механічної обробки штока (рисунок 3.1). Пристосування змонтовано на опорній плиті, посадкові отвори якої дозволяють встановити його на столі вертикального свердильно-фрезерно-розточувального верстату ГДВ-400 (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Затискне пристосування

Пристосування містить: 1 – важіль; 2 – поршень; 3 – кришка; 4 – призма; 5 – пружина; 6 – основа; 7 – плита; 8 – планка; 9 – п’ятак; 10, 11 – вісь; 12 – важіль; 13 – ущільнення; 14 – корпус; 15 – штуцер; 16, 17, 18 – гвинт; 19 – вісь; 20 – шпонка; 21 – штифт.

Прилад пристрою пневматичний. Пневмоциліндр під’єднується до пневматичної мережі з тиском 0,9 МПа. У розвантаженому стані стиснуте повітря не подається у роботу порожнину.

### 3.2 Визначення зусилля затиску

Максимальна сила різання  $P_z$  при фрезеруванні штока намагається виштовхнути деталь. Складемо рівняння рівноваги у вигляді  $\Sigma F_y$  [14, 41]:

$$F_{TP} - K \cdot P_z = 0, \quad (3.1)$$

$$F_{TP} = W \cdot f, \quad (3.2)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння матимуть вигляд:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.3)$$

У свою чергу зусилля затиску дорівнює:

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.4)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,1$ .

$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$  – коефіцієнт запасу:

$K_0=1,5$  – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1=1,2$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2=1,4$  – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

$K_3=1,2$  – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4=1,0$  – коефіцієнт, який враховує постійність сил затискання;

$K_5=1,2$  – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6=1,0$ .

Тоді зальний коефіцієнт запасу дорівнює:

$$K=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,6$$

Силу різання  $P_z$  визначимо за формулою [9, 11, 15]:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_p \quad (3.5)$$

де  $t = 2,0$  мм – глибина різання;

$S = 0,3$  мм/зуб – подача;

$B = 22$  мм – ширина фрезерування;

$z = 3$  – кількість зубів фрези;

$D = 22$  мм – діаметр фрези;

$n = 600$  хв<sup>-1</sup> – частота обертання фрези;

$K_p = 1,1$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p = 825$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,3$ ;  $\omega = 0,2$  – коефіцієнт та показники ступеня, які вибираються з таблиць [9, 11, 15].

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{825 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 22^{1,1} \cdot 3}{22^{1,3} \cdot 600^{0,2}} \cdot 1,1 = 220 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{220 \cdot 3,6}{0,1} = 7920 \text{ (Н)}.$$

### 3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндра.

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.6)$$

де  $i$  – передаточне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування  $i = 4$ .

З урахуванням цього зусилля  $Q = 7920/4 = 1980 \text{ (Н)}$

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta. \quad (3.7)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.8)$$

де  $D$  – діаметр поршня;

$d$  – діаметр штока, 30 мм;

$\eta$  – ККД пневмоциліндра, 0,8;

$p$  – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр, 0,9 МПа.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 1980}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,8} + 30^2} = 51,5 (\text{мм})$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 60$  мм.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну і ту ж деталь можливо виготовити із заготовок, що отримані різними способами. Одним із основних принципів вибору заготовки є спосіб, що забезпечить максимальне наближення форми заготовки до форми готової деталі. В цьому випадку значно зменшуються витрати металу, скорочується механічна обробка та виробничий цикл [8, 31, 49]. Але при цьому у виробництві можуть збільшитись витрати на технологічне обладнання і оснастку, їх ремонт та обслуговування. Тому слід проводити техніко-економічний аналіз заготівельного і оброблювального виробництва. Із декількох можливих варіантів технологічних процесів при рівних умовах вибирають найбільш економічний, а при однаковій економічності – найбільш продуктивний.

Литво у ліщані форми дозволяє отримати заготовки складної форми з різними отворами. Це найпоширеніший метод лиття. У машинобудуванні цим методом виготовляється 75...80% відливок (за масою). Стримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення відливок мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, ніж заготовок, одержаних іншими методами лиття.

Литво у кокіль – найдешевший серед спеціальних методів. Його особливість полягає у багатократному використанні металевої форми – кокілю. Стійкість чавунних кокілів при виготовленні чавунного лиття становить 400...8000 відливок. Кокілі дозволяють отримувати заготовки зі стабільними і точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати  $R = 20$  мкм. У зв'язку із великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості відливки (отримується дрібна

структура) на 10...15%, але в той же час ускладнюється отримання заготовок із тонкими стінками. При переході з піщаного лиття на кокільне затрати матеріалу зменшуються на 10...20% через скорочення литникової системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5...2 рази.

Поряд із цим необхідно урахувати, що сам кокіль коштує досить дорого, у ньому можливо виготовляти заготовки досить простої конфігурації, можливе його скороблення через значні усадочні і термічні напруження.

Литво у кокіль доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при отриманні з кожної форми не менше ніж 300...500 відливок.

Заміна литва у піщані форми на литво в кокіль при достатній програмі випуску знижує собівартість відливок приблизно на 30% і підвищує продуктивність праці в 4...6 разів. Затрати на організацію дільничі литва в кокіль при цьому окупаються за 2...3 місяці.

Розглянемо два методи литва.

Вартість литої заготовки у піщані форми визначимо за формулою [7]:

$$S_{заг}^n = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_c \cdot K_m \right) - (Q - q) \frac{S_{відл}}{1000}, \quad (4.1)$$

де  $C_i$  – вартість однієї тони відливок з алюмінієвого сплаву;

$Q_{заг}$  – маса заготовки;

$K_m, K_n, K_e, K_c, K_m$  – коефіцієнти точності програми випуску, маси вилівка, групи складності, матеріалу відповідно.

Вартість заготовки, отриманої литвом у кокіль, визначається за формулою [7]:

$$S_{заг}^{нк} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_c \cdot K_m \right) - (Q - q) \frac{S_{відл}}{1000}. \quad (4.2)$$

Використовуючи джерело [1] маємо наступні значення:

$$S_{газ}^{н} = \left( \frac{48000}{1000} \cdot 13,6 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \right) - (13,6 - 9,35) \frac{11500}{1000} = 559 \text{ (грн.)};$$

$$S_{газ}^{к} = \left( \frac{48000}{1000} \cdot 10,2 \cdot 1,32 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1,04 \right) - (10,2 - 9,35) \frac{11500}{1000} = 502 \text{ (грн.)}.$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах дрібносерійного виробництва доцільніше використовувати літво в кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (559 - 502) \cdot 500 = 28500 \text{ грн.}$$

Отже, для виготовлення заготовки корпусу електричної пилки збираємо літво в кокіль.

#### 4.2 Розрахунок заземлення

Розрахуємо штучне заземлення контурного типу для електроустановки методом коефіцієнта використання електродів [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50]. Вимірний питомий опір ґрунту  $\rho = 200$  Ом м, вертикальні електроди з арматури діаметром  $d = 30$  мм, довжиною  $L_{в} = 3$  м, горизонтальний електрод із штабової сталі шириною  $b = 50$  мм, відстань між вертикальними електродами  $L_{г} = 6,0$  м, траншея глибиною  $S = 0,8$  м, вертикальний електрод здійснюється над дном траншеї на  $S = 0,2$  м, ґрунт високої вологості.

1) розрахований питомий опір ґрунту.

$$\rho_p = \rho \cdot \psi, \quad (4.3)$$

де  $\mu=2,0$  – коефіцієнт сезонності, що залежить від вологості ґрунту під час вимірювання питомого опору;

Рисунок 4.1 – Схема заземлення

$$\rho_p = 200 \cdot 2,0 = 400 \text{ Ом}\cdot\text{м},$$

2) глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_e = G - S + \frac{L_e}{2}, \quad (4.4)$$

$$t_e = 0,8 - 0,2 + \frac{2,0}{2} = 2,1 \text{ м};$$

3) опір розтікання струму одиничного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot L_B}{t_B} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right) \quad (4.5)$$

$$R_B = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,0} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3,0}{0,03} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3,0}{4 \cdot 2,1 - 3,0} \right) = 120 \text{ Ом};$$

4) визначимо потрібну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_{\Sigma} \cdot \eta_B}, \quad (4.6)$$

де  $\eta_B$  — коефіцієнт використання вертикального електрода (приймаємо у цій формулі початково  $\eta_B = 1,0$ );

$$n = \frac{120}{12 \cdot 1,0} = 10 \text{ шт.};$$

5) визначимо довжину горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = L_r \cdot n \quad (4.7)$$

$$L = 6 \cdot 10 = 60 \text{ м};$$

6) глибина залягання середини горизонтального електрода буде становити:

$$t_r = G \cdot S \quad (4.8)$$

$$t_r = 0,8 \cdot 0,2 = 0,16 \text{ м};$$

7) визначимо опір розтікання струму від горизонтальних електродів;

$$R_r = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot n \cdot \frac{l^2}{t_r}; \quad (4.9)$$

$$R_r = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 60} \cdot \ln \frac{60^2}{0,05 \cdot 0,6} = 12,4 \text{ Ом};$$

8) коефіцієнт використання вертикального електрода визначаємо за [50]:

$$\eta_B = 0,68;$$

9) коефіцієнт використання горизонтального електрода визначаємо за [50]:

$$\eta_r = 0,4;$$

10) уточнений спір заземлюючого пристрою:

$$R_o = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B}; \quad (4.10)$$

$$R_o = \frac{120 \cdot 12,4}{120 \cdot 0,4 + 12,4 \cdot 0,68} = 11,24 < R_3 = 12 \text{ Ом}.$$

Висновок  $R_o=11,24$  – захист забезпечено.

### 4.3 Пожежна безпека

Пожежі на машинобудівних підприємствах становлять велику небезпеку для працюючих і можуть заподіяти величезний матеріальний збиток. До основних причин пожеж що виникають на виробництві, можна віднести: порушення технологічного режиму, несправність електроустаткування (коротке замикання або перевантаження), самозаймання промасленого дрانتя та інших матеріалів, схильних до самозаймання, недотримання графіка планового ремонту, реконструкції установок із відхиленням від технологічних схем. На ділянці виготовлення електричної пилки можливі такі причини пожежі: перевантаження проводів, коротке замикання, виникнення великих перехідних спорів, самозаймання різних матеріалів, сумішей та олій, висока конденсація займистої суміші газу, чи пари з повітрям (пари розчинника). Для локалізації й ліквідації пожежі внутрішньоцеховими засобами створюються наступні умови попередження

пожеж: паління тільки у суворо відведених місцях, розливу олію чи розчинник прибирати дрантям. дрантя повинно знаходитися в спеціальному контейнері [33, 42-43].

Ділянка за ступенем вогнестійкості належить до категорії Б.

На ділянці повинен бути інвентар для ліквідації пожежі:

- вуглекислотний вогнегасник ОУ-5 (1 шт.);
- повітряно-хімічний вогнегасник (2 шт.);
- шухляда з піском місткістю 0,5...3,0 м<sup>3</sup> й лопата;
- ковсть, чи азбест (1×1 чи 2×2 м).

## ВИСНОВКИ

Отже, відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1 Визначено службове призначення електричної пилки, що застосовується для поздовжнього розпилювання тупою звиней та ВРХ. Наведено її технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності двох деталей пилки, а саме корпусу і штока. Охарактеризовано конструкційний матеріал деталей вузла, надано рекомендації стосовно їх аналогів. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення корпусу, штока електричної пилки. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталей. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні корпусу  $\varnothing 170H7$  мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію пневматичного пристосування для закріплення штока під час механічної обробки фрезеруванням. Визначено зусилля затиску, а також розраховано параметри силового приводу.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу електричної пилки. Річний економічний ефект для програми випуску 500 шт. склав 28500 грн. Розраховано заземлення для захисту від ураження напругою електричної мережі під час виготовлення електричної пилки. Висвітлено заходи, спрямовані на забезпечення пожежної безпеки.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення електричної пилки, робочі креслення її корпусу та штока, креслення заготовок, а також складальне креслення затискного пристосування.