

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Організація великосерійного типу виробництва корпусу верхнього клапану прискорювального гальмівного приводу автопоїзду-зерновозу»

КРБ.133ГМбд\_21[1].11.00.00.000 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]  
МАТРАХОВ Віталій

Керівник: докт. техн. наук, професор  
КОВБАСА Володимир

**Полтава – 2023 року**

## ВСТУП

Пневматичний привід гальмівної системи транспортного засобу є простим та ефективним під час роботи. Однак, значна довжина магістралей може призводити до запізнення спрацювання гальмівних механізмів задніх осей. Цю проблему вирішує спеціальний вузол, що називається прискорювальним клапаном.

Прискорювальний клапан – це керуючий компонент гальмівної системи із пневматичним приводом. Клапанний вузол розподіляє потоки стисненого повітря між елементами пневматичної системи відповідно до режимів роботи гальм.

На прискорювальний клапан покладаються наступні функції: скорочення часу спрацювання гальмівних колісних механізмів задніх осей; підвищення ефективності роботи стоянкової та захисної гальмівних систем.

Даним агрегатом обладнуються вантажні транспортні засоби, наприклад автопоїзди-зерновози, рідше цей вузол використовується на причепах та напівпричеплах. Саме тому розробка та удосконалення клапанних вузлів гальмівних систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Отже деталь, вибрана на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною клапану прискорювального, що використовується у складі пневматичної гальмівної системи вантажних автомобілів.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є клапан прискорювальний гальмівної системи, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу верхнього.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовується для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;

- сконструювати затискове пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці та захисту довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У даній роботі на розгляд вноситься клапан прискорювальний (рисунок 1.1). Він застосовується у складі пневматичної гальмівної системи вантажних автомобілів, автопоїзду-зерновозу, колісних тягачів, причепів, а також напвпричепів. Керування відбувається пневматично. Забезпечує швидке та регульоване наповнення стисненим повітрям відповідних порожнин гальмівних камер або магістралей керування.

а) б)

Рисунок 1.1 – Клапан прискорювальний:

а) – вид загальний; б) – конструктивна схема

У початковому положенні стиснуте повітря з ресиверу потрапляє до порожнини I. При потраплянні стиснутого повітря магістраллю керування у порожнину IV і далі через отвір 3, у порожнину А, відбувається переміщення керуючого поршня 2. При цьому поршень 2 своїм сидлом 4 сідає на внутрішнє сидло манжети 1, тим самим ізолюючи порожнину II від атмосферної порожнини III. Подальше підвищення тиску у порожнині А призводить до відривання сидла манжети 1 перепускного клапану 7 від корпусу 5 і потраплення стисненого повітря із порожнини I до порожнини II. При цьому потраплення стисненого повітря у

порожнину II відбувається до тих пір, поки тиск стисненого повітря, що діє зверху на поршень 2 не урівноважиться тиском стисненого повітря у порожнині II. У результаті чого поршень 2 піднімається угору до того моменту, поки клапан 7 під дією пружини 6 не сяде сідлом манжети 4 на сідло у корпусі 5, перекриваючи доступ стисненого повітря від порожнини I до порожнини II. Таким чином відбувається слідуюча дія.

Аналогічно слідуюча дія поршня 2 здійснюється і при зниженні керуючого тиску у порожнині IV. Це призводить до відривання сідла 4 поршня 2 від сідла манжети 1 перепускного клапану 7 і випуску стисненого повітря із порожнини II до атмосферної порожнини III через отвір у клапані 7. При цьому випуск стисненого повітря у порожнину III відбувається до тих пір, поки тиск стиснутого повітря у порожнині II не урівноважиться тиском стисненого повітря у порожнині IV. При повному знатті керуючого сигналу в порожнині IV із порожнини II відбувається повне випускання стиснутого повітря до атмосфери.

Технічна характеристика даного вузла представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика вузла

Параметр	Значення
Робочий тиск, МПа, не більше	0,8
Приєднувальні різьби	M22x1,5
Температурний інтервал, °C	-45...+60
Маса, кг	0,5

Клапан повинен встановлюватися на мінімально можливій відстані відносно виконавчого механізму. Він повинен бути закріплений у такому положенні, щоб випуск повітря із нього відбувався униз. Клапан кріпиться за допомогою двох болтів M8.

Під час монтажу клапану на автопоїзді-зерновозі ущільнення трубопровідної арматури, що під'єднується до різьбових отворів M22x1,5, повинно здійснюватися за допомогою за допомогою гумових ущільнювальних елементів.

Застосування різноманітних герметиків, що ущільнюють компоненти, не допускається. У зимовий час клапан, що замерз, для унеможливлення пошкоджень гумових і пластикових деталей заборонено відігрівати відкритим вогнем. Необхідно застосувати тепле повітря, гарячу воду.

Деталлю, обраною для проєктування, є корпус верхній (рисунок 1.2). Він є базовою деталлю. Верхній корпус з'єднується з нижнім за допомогою болтів M8.

Рисунок 1.2 – Корпус верхній клапану прискорювачного

Корпус верхній виготовлений зі сплаву АК6М2 ДСТУ 2839-94 [16, 36].

## 1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу точності параметрів корпусу верхнього (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.2, у якій наведені дані про точність виготовлення даної деталі, а також вимоги до точності. Під час виконання даного підрозділу використовуємо джерела інформації [17, 22, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз точності корпусу верхнього

Таблиця 1.2 – Параметри точності корпусу верхнього

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями, мм	Квалітет точності	Точність відносного положення	Шорсткість, Ra
1	Отвір	$\varnothing 60^{+0,074}$	7	—	1,6
2	Торець	26	9	—	3,2
3	Циліндрична поверхня	$\varnothing 68^{+0,04}_{-0,25}$	9	—	3,2
4	Отвір	$\varnothing 12^{+0,11}$	8	—	3,2
5	Фаска	$1 \times 30^\circ$	9	—	3,2
6	Циліндрична поверхня	$\varnothing 63^{+0,12}$	7	—	1,6
7	Фаска	$1,5 \times 45^\circ$	12	—	6,3
8	Отвір з різьбою	M22 $\times$ 1,5	7H	—	12,5
9	Торець	35	10	—	3,2
10	Фаска	$(0,8 \dots 1,7) \times 45^\circ$	10	—	3,2
11	Отвір з різьбою	M8 – 7H	7H	10,4	12,5
12	Фаска	$1 \times 45^\circ$	12	—	12,5
13	Отвір	$\varnothing 3$	12	—	6,3

Проаналізувавши точність параметрів корпусу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 7-ий, а мінімальна шорсткість –  $R_a=1,6$  мкм. Вона є цілком досяжною під час обробки на металорізальному обладнанні.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні корпусу верхнього у якості матеріалу застосовується алюмінієвий сплав марки АК6М2 за ДСТУ 2839-94 [7, 34, 36].

Деформівний сплав АК6 системи Al-Mg-Si-Cu має гарну пластичність і стійкість до утворення тріщин при гарячій пластичній деформації. По хімічному складу близький до дюралюмінію, відрізняючись більш високим вмістом кремнію.

Сплави схильні до корозії під напругою. Деталі слід анодувати або захищати лакофарбовим покриттям.

Замінником для АК6 може бути сплав АК8. Хімічний склад основного матеріалу та замінника, що пропонується, наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Властивості матеріалу корпусу та замінника

	Al	Cu	Mg	Mn	Ni	Fe	Si	Zn	Ti
АК6	основа	1.8-2.6	0.4-0.8	0.4-0.8	до 0.1	до 0.7	0.7-1.2	до 0.3	до 0.1
АК8		3.9-4.8	0.4-0.8	0.4-1	до 0.1	до 0.7	0.6-1.2	до 0.3	до 0.1

Фізичні властивості матеріалів подано у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Фізичні властивості

Сплав	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho \cdot 10^8$ Ом·м при 20°C в залежності від стану напівфабрикату	$\alpha \cdot 10^6$ , °C <sup>-1</sup>		$\lambda$ , Вт/(м·°C)		кДж/(кг·°C)	
			при температурі					
			20-100	20-400	100	400	100	400
АК6	2750	T1 – 4.1	21.4	23.8	180	189	0.838	1.0
АК8		T1 – 4.3	22.5	24.5	168	180	0.831	1.09

Примітка: T1 – старіння

У таблиці 1.5 наведено режими термічної обробки для основного матеріалу деталі та його замінника.

Таблиця 1.5 – Режими термічної обробки

	Напівфабрикати	t нагріву під гартування, °C	Старіння, t°C
AK6	Усі види	505 – 525	160 – 165
AK8	Поковки, штамповки	495 – 505	150 – 165
	Пресування напівфабрикати	495 – 505	165 – 175

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в клапанах прискорювальних у кількості 6000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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

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

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

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (6000 + 0,04 \cdot 6000) \cdot (1 + 0,025) = 6396 \text{ шт.}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – великсерійне.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності розпочинають після встановлення типу виробництва, що характеризується притаманними способами виготовлення заготовок, методами їх обробки.

Якісну оцінку технологічності деталі проводять за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхонь, за простановкою розмірів, можливим способом одержання заготовки.

Кількісну оцінку проводять за абсолютними та відносними показниками. У першу чергу встановлюють показники базової деталі та деталі, що розглядається: коефіцієнти використання матеріалу, точність обробки і т.д. [2].

Аналіз технологічності деталі „корпус верхній” проводимо з урахуванням особливостей технологічних методів обробки, конкретних умов експлуатації і типу виробництва (таблиця 2.1).

Вузол має у своєму складі стандартні та уніфіковані деталі, що значно спрощує його виготовлення. Наочно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

Коефіцієнт уніфікації:

$$y = \frac{N_{yn}}{n}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей,

$N_{yn}$  – кількість уніфікованих деталей.

$$y = \frac{10}{23} = 0,43.$$

Коефіцієнт стандартизації:

$$C_m = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей,

$N_{cm}$  – кількість стандартних деталей.

$$C_m = \frac{4}{23} = 0,17$$

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності деталі

№ з. п.	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Деталь має зручні технологічні бази.	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можливо було обробити на прохід	Майже всі отвори в деталі виконані наглухо крім отвору $\varnothing 3$ мм.	Поліпшення цієї вимоги не можливе, так як конструкція повинна забезпечувати герметичність.
3	Глухі отвори з різьбою повинні мати канавки для виходу інструмента, або в них повинен бути передбачений збіг різьби.	У глухом отворі з різьбою M22×1,5-7H передбачений збіг різьби.	
4	У деталях по можливості не треба використовувати мілкі різьбові отвори, менші M6	Деталь не має мілких різьбових отворів менших M6	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	При свердлінні отворів треба забезпечити можливість нормального входу та виходу інструмента.	Отвори $\varnothing 3$ мм та $\varnothing 12^{+0,11}$ мм мають зручне розташування в конструкції, що дозволяє забезпечити нормальний вхід та вихід інструмента.	-
6	Припуски на заготовці повинні бути мінімальними.	Заготовка має мінімально допустимі припуски.	-
7	Отвори на одній осі корпусних деталях бажано виконувати одного діаметра.	Отвори $\varnothing 12^{+0,11}$ та $\varnothing 60^{+0,07}$ розташовані на одній осі, мають різні діаметри.	Виконати ці отвори одного $\varnothing$ не можливо, так як цього потребує конструкція.

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Аналіз діючих технологічних процесів був ретельно проведений у цеху під час переддипломної практики.

Слід зазначити, що в діючому технологічному процесі деталі „корпус верхній” застосовується широкий парк верстатів, а саме токарні 6-тищиндельні горизонтальні патронні напівавтомати, агрегатні верстати, алмазно-розточні, вертикально-свердлильні, різьбонарізні. Застосування такої широкої номенклатури значно підвищує собівартість виготовлення деталей.

Отже, для зменшення собівартості був запропонований технологічний процес із застосуванням двох типів верстатів: токарних 6-тишпindelних і агрегатних. Це дає змогу зменшити час на обробіток і т.д. Також в запропонованому технологічному процесі ми широко застосовуємо спеціальний різальний інструмент з пластинами із твердого сплаву, що дає змогу застосувати прогресивні режимні параметри.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. [48] Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdots \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdots \frac{T_{i-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdots \varepsilon_n = \prod_i \varepsilon_i, \quad (2.3)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$P$  – число ступенів обробки;

$T_3, T_D, T_i$  – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно врахувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5 \dots 2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Можливі методи обробки поверхонь деталі подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти технологічних методів обробки корпусу верхнього

Полтавський державний аграрний університет

Продовження таблиці 2.2

#### **2.4 Розробка маршруту обробки деталі**

Принципова схема маршруту обробки деталі (МОД) – це укрупнений план обробки заготовки, що встановлює послідовність операцій (чи груп операцій) обробки різанням, а також зміст і місце в плані обробки термічних, гальмівних, слюсарних та контрольних операцій. Передусім обробляються технологічні бази, потім – інші поверхні в порядку сходження від початкової точності поверхонь заготовки до тієї, що вимагається кресленням деталі. Найбільш високі якості точності мають виконавчі поверхні, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення. Таким чином побудова МОД повинна бути підпорядкована одному з головних принципів – забезпеченню службового призначення деталі. Як початковий матеріал при проектуванні принципової схеми маршруту можуть бути використані типові або заводські маршрутні технологічні процеси чи рекомендації літературних джерел щодо поділу технологічного процесу на етапи із зазначенням їх змісту та послідовності. Укрупнена типова схема раціональної послідовності етапів обробки заготовок, що узагальнює багаторічний досвід машинобудування, подана в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Укрупнена типова схема раціональної послідовності етапів обробки заготовки

Етап	Назва	Зміст етапів і вихідні параметри
1	2	3
E1	Попередній I	Обробка поверхонь, які будуть використовуватись як технологічні бази на наступних етапах
E2	Попередній II	Чорнова обробка виконавчих (головних) поверхонь і поверхонь, які не припускають наявності дефектів. Точність розмірів IT12...IT14, Ra=2.5...5 мкм
E3	Напівчистовий	Правка баз і напівчистова обробка головних поверхонь. Точність розмірів IT8...IT9, Ra=0,63...1,25 мкм
E4	Чистовий	Правка баз і чистова обробка головних поверхонь. Точність розмірів IT8...IT9, Ra=0,63...1,25 мкм
E5	Додатковий	Виконання другорядних операцій (свердління кріпильних отворів, зняття фасок) і обробка поверхонь, які легко ушкоджуються (наприклад нарізання різьби)
E6	Гальванічний	Хромування та інше
E7	Викінчувальний	Спорядження виконавчих і головних поверхонь. Точність розмірів IT5...IT7, Ra=0,16...0,32 мкм
E8	Контрольний	Остаточний контроль, випробування

Принципову схему маршруту обробки деталі (МОД) подано в таблиці 2.4 для деталі „корпус верхній”. Для складання принципової схеми маршруту викреслюємо ескіз на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Ескіз деталі „корпус верхній”

Таблиця 2.4 – Принципова схема маршруту обробки „корпуса верхнього”

Номер операції	Зміст операції
1	2
Операція 010	Попереднє точіння отвору поверхні 1 (із залишенням припуску на чистове точіння та розгортання), підрізання торця поверхні 2 , напівчистове точіння фланця поверхні 3 (із залишенням припуску на чистове точіння), свердління, земкерування, розгортання отвору поверхні 4 , зняття фаски поверхні 5 , напівчистове точіння поверхні 6 (із залишенням припуску на чистове точіння), зняття фаски поверхні 7 , підрізання торця поверхні 2 на токарному 6 – ти шпиндельному горизонтальному патронному напівавтоматі моделі КСГ16 – 160.

Продовження таблиці 2.4

1	2
Операція 015	Свердління одночасне чотирьох отворів поверхні 11 з одночасним зняттям фасок поверхні 12 , зенкерування отвору поверхні 8 , свердління отвору поверхні 13 з одночасним притупленням гострої кромки, зенкерування торця поверхні 9 і фаски поверхні 10 , нарізання різьби M8 – 7H в чотирьох отворах поверхні 11 , нарізання різьби M22–7H поверхні 8 на агрегатному верстаті моделі ЗХА4448.
Операція 020	Промивання деталі
Операція 025	Провести пневматичне випробування на випробувальному стенді.

### 2.5 Вибір технологічних баз

Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежить:

- фактична точність виконання розмірів;
- правильність взаємного розташування поверхонь;
- ступінь складності пристроїв і т.д.

Вихідними даними при виборі баз є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на її виготовлення;
- вид заготовки та стан її поверхонь.

Вибору баз на першій операції передують визначення поверхонь, що будуть використовуватись як бази на подальших операціях.

При виборі баз користуємося такими рекомендаціями:

- базові поверхні мають бути простими за формою та мати достатню протяжність;

- базові поверхні повинні бути чистими для забезпечення однозначності базування;
- бази повинні забезпечувати можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь;
- вибравши базу для першої операції, технолог вирішує питання про бази на всіх наступних операціях, керуючись при цьому принципом сталості баз.

## 2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня  $\varnothing 68^{+0,1}_{-0,22}$  мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь обертання

$$2T_{i-1, \text{min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей, мкм;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході.

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.6)$$

де  $\delta_{\text{заг.}}$ ,  $\delta_{\text{дет.}}$  – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 68$  (H7/g6) мм

Операція (перехід)	Величина, що визначає $Z_{\min}$ , мкм				Розрах. припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розрах. розмір заготовки, мм	Граничний розмір заготовки, мм		Граничне значення припуску, мм		Допуск на розмір $\delta$ , мкм
	$R_z$	H	$\rho$	$E_y$			min	max	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	200	300	75	—	—	67,798	69,8	71	—	—	1200
точіння:											
чорнове	50	50	4,5	300	1618	68,1802	68,18	68,48	1,62	2,52	300
чистове	20	20	3	100	400,2	67,78	67,78	67,88	0,4	0,6	100
Всього									2,02	3,12	

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_3 - \delta_6 \quad (2.7)$$

$$3120 - 2020 = 1200 - 100;$$

$$1100 = 1100.$$

На рисунку 2.2 наведено розташування припусків та допусків.

Рисунок 2.2 – Графічне розташування припусків та допусків  
на розмір  $\varnothing 68_{-0,22}^{+0,1}$  мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками. Отримані результати заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Припуски та допуски на поверхні корпусу верхнього

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, $Z_{\min}$	Квалітет	Технолог. допуск
1	2	3	4	5	6
1	Отвір	Точіння напівчистове	2	12	0,3
		Точіння чистове	0,8	9	0,074
		Розгортання	0,2	7	0,03
2	Торець	Підрізання торця напівчистове	1,2	12	0,3
		Підрізання торця чистове	0,3	9	0,074
3	Отвір	Свердлити отвір	1,5	12	0,18
		Зенкерувати отвір	0,3	10	0,08
		Розгорнути отвір	0,2	7	0,018
4	Фаска	Зняти фаску попередньо	0,5	12	0,3
		Зняти фаску остаточно	0,2	9	0,074
5	Поверхня обертання	Точіння напівчистове	5	12	0,3
		Точіння чистове	0,5	7	0,03
6	Фаска	Зняття фаски	1	12	0,18
7	Отвір з різьбою	Зенкерування отвору	2,43	12	0,21
		Нарізаня різьби	1,5	7	0,021
8	Торець	Зенкерування торця	2	10	0,11
9	Фаска	Зняття фаски	(0,8...1,7)	10	0,09
10	Отвір з різьбою	Свердління отвору	3,35	12	0,12
		Нарізаня різьби		7	0,012
11	Фаска	Зняття фаски	1,45°	12	0,12
12	Отвір	Свердління	3	12	0,1

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі корпусу верхнього (010 – автоматного токарна, яка виконується на токарному 6-ти шпindelному горизонтальному патронному напівавтоматі моделі КСП6-160) проектуємо і розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [3, 11, 14, 25, 26, 41]. Складальне креслення пристосування представлено у ГЧ та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки корпусу верхнього:

- 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – під кулачник; 4 – шток; 5 – тяга; 6, 7 – гайка;  
8 – притискач; 9 – пластина; 10 – пробка; 11 – кулачки; 12 – кільце;  
13 – пружина; 14 – кільце; 15 – гвинт; 16-18 – гвинт; 19 – кулька; 20 – штифт

У якості затискного пристосування застосовуємо 3-х кулачковий клиновий патрон. Він не є універсальний, так як при його переналадці необхідно переустановлювати і переакріплювати накладні кулачки. Це потребує багато часу.

Патрон встановлюється на шпindel токарного 6-ти шпindelного горизонтального патронного напівавтомата моделі КСП6-160. Тяга від приводу здійснюється через шпindel, що не дозволяє оброблювати в цьому патроні деталі із прутка. Патрон використовують у великесерійному виробництві.

У радіальних пазах корпусу 1 патрона переміщуються три кулачка 11. Гвинти 16 служать для закріплення кулачків. Ковзаючий в отворі корпусу патрона шток 4 має для зв'язку з кулачками три пази з кутом нахилу  $15^\circ$  і приводиться в дію від приводу. При осьовому переміщенні штоку кулачки одержують радіальне переміщення і затискають або звільняють заготовку. Пластина 9 застерігає від попадання стружки. Притискач 8 притискає пластину до корпусу патрону.

Переважами клинового патрона є: компактність; жорсткість; зносостійкість.

### 3.2 Визначення похибки встановлення

Похибку встановлення деталі в пристосуванні розраховуємо за формулою:

$$E_y = \sqrt{E_\sigma^2 + E_s^2 + E_{np}^2} \quad (3.1)$$

де:  $E_\sigma$  – похибка базування,  $E_\sigma = 0$  (встановлення у самоцентруючому патроні);

$E_s$  – похибка закріплення деталі в пристосуванні,  $E_s = 70$  мкм;

$E_{np}$  – характеризує похибку, що зв'язана з пристосуванням.

Похибка  $E_{np}$  у загальному випадку складається із трьох складових:

1)  $E_{ye}$  – характеризує зношення установочних елементів пристосування. Якщо зношення збігається з напрямком виконувального розміру, то воно враховується як похибка  $E_{ye}$  і визначається за формулою, мкм:

$$E_{ye} = \beta_1 \cdot N^n; \quad (3.2)$$

де:  $N$  – кількість контактів заготовок з опорою;

$\beta_1$  – постійний коефіцієнт;

$n = 0,5$  – показник степеня.

Якщо річна програма випуску деталей дорівнює 6000, то при періодичності заміни установчих елементів один раз на шість місяців  $N = 3000$ .

Отже,

$$E_{ye} = 0.5 \cdot 3000^{0.5} = 27,4 \text{ (мкм)};$$

2)  $E_{yn}$  – похибка встановлення пристосування на верстаті,  $E_{yn} = 10 \dots 20$  (мкм);

3)  $E_{ye}$  – неточність положення установочних елементів,  $E_{ye} = 8$  (мкм).

Отже,  $E_{np}$  при серійному виробництві визначається по формулі:

$$E_{np} = \sqrt{E_{ye}^2 + E_{yn}^2} + E_{ye}; \quad (3.3)$$

$$E_{np} = \sqrt{27,4^2 + 10^2} + 8 = 37,2 \text{ (мкм)}.$$

Таким чином розраховуємо похибку у встановленні деталі у пристосуванні:

$$E_v = \sqrt{0^2 + 70^2 + 37,2^2} = 79,3 \text{ (мкм)};$$

$$E_v = 79,3 \text{ мкм} \leq [E = 200 \text{ мкм}].$$

### 3.3 Складання розрахункової схеми пристосування

Розрахункова схема необхідна для правильного вибору схеми базування і закріплення заготовки, розрахунку сил закріплення і т.д.

Порядок розрахунку розрахункової схеми пристосування:

1. Викреслюємо заготовку, установочні і затискні елементи пристосування з позначенням їх основних розмірів і відстаней між ними.
2. Вибираємо поверхні заготовки, до яких можна прикласти сили закріплення.
3. Показуємо на схемі реакції опор і сили тертя.
4. Викреслюємо схему ручного або механізованого затискного пристосування.

Розрахункова схема пристосування наведена на рисунку 3.2.

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема пристосування

Заготовка, що обробляється у трьоку лачковому патроні, знаходиться під дією моменту  $M_{різ}$  і осьової складової сили різання  $P_x$  [3, 9, 11, 14, 15, 26, 41].

Із схеми знаходимо:

$$W_{сум} \cdot f \cdot K = K \cdot M_{різ}, \quad (3.3)$$

звідси:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{f \cdot R}; \quad (3.4)$$

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{Z}; \quad (3.5)$$

де:  $M_{\text{різ}}$  – момент сили різання;

$W_{\text{сум}}$  – сумарна сила затиску всіма кулачками;

$W$  – сила затиску одним кулачком;

$Z$  – число кулачків;

$R$  – радіус заготовки;

$K$  – коефіцієнт запасу;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Визначимо коефіцієнт запасу по формулі:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6; \quad (3.6)$$

де:  $K_0$  – коефіцієнт гарантованого запасу, різний 1,5;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання із-за випадкових нерівностей поверхні,  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує затуплення різального інструменту,  $K_2 = 1,25$ ;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривистому різанні,  $K_3 = 1,2$ ;

$K_4$  – коефіцієнт, характеризуючий постійність сили закріплення,  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних механізмів,  $K_5 = 1$ ;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів,  $K_6 = 1$ .

Отже,

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,25.$$

Момент сили різання визначимо з урахуванням [9]:

$$M = P_z \cdot R; \quad (3.7)$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot f^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p; \quad (3.8)$$

де  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – складові сили різання;

$$C_p = 40, x = 1; y = 0,75; n = 0,$$

$K_p$  – поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}; \quad (3.9)$$

де  $K_{mp} = 0,69$ ;  $K_{fp} = 1$ ;  $K_{gp} = 1,1$ ;  $K_{lp} = 1$ ;  $K_{rp} = 1,04$

Отже,

$$K_p = 0,69 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,04 = 0,78.$$

$S$  – подача,  $S = 0.17$  мм/об;

$V_{риз}$  – швидкість різання;  $V_{риз} = 200$  (м/хв.).

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0.17^{0.75} \cdot 200^0 \cdot 0.78 = 165,7 \text{ (Н)};$$

$$M = 165,8 \cdot 0.034 = 5,6 \text{ (Н·м)}.$$

Визначимо осьову силу різання  $P_x$  за аналогією до  $P_z$  [9]:

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ (Н)}; \quad (3.10)$$

$$P_x = 10 \cdot 58 \cdot 2^1 \cdot 0.17^{0.85} \cdot 200^0 \cdot 0.78 = 131 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо значення  $W_{\text{сум}}$ :

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,25 \cdot 5,6}{0,25 \cdot 0,034} = 1482,35 \text{ (Н)}.$$

Тоді:

$$W = \frac{1482,35}{3} = 494,11 \text{ (Н)}.$$

Знайдене значення  $W_{\text{сум}}$  перевіряємо на відсутність вісьового зміщення

заготовки:

$$W_{\text{сум}} \cdot f \geq K \cdot P_x. \quad (3.11)$$

Звідки:

$$W_{\text{сум}} \geq \frac{K \cdot P_x}{f}; \quad (3.12)$$

$$1482,35 \geq \frac{2,25 \cdot 131}{0,25} = 1183,12 \text{ (Н)}.$$

### 3.4 Розрахунок параметрів силового приводу

Дійсне зусилля на штоковий гідроциліндра розраховуємо по формулі:

– при подачі мастила в поршневу порожнину:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta}{4} ; \quad (3.13)$$

де  $D$  – діаметр поршня гідроциліндра,  $D = 100$  мм;

$p$  – тиск мастила в гідросистемі,  $p = 3$  МПа;

$\eta$  – ККД гідропроводу,  $\eta = 0,92$ ;

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,92}{4} = 21666 \text{ (Н)};$$

– при подачі мастила в штокову порожнину:

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4} ; \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot (0,1^2 - 0,03^2) \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,92}{4} = 19716 \text{ (Н)}.$$

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Враховуючи, що визначення ціни деталей чи виробів є достатньо трудомістким процесом, що вимагає детального розроблення ТП виготовлення заготовок та їх подальших обробок, нормування часу та значних розрахунків, часто для попереднього обґрунтування вибраних способів виготовлення заготовки користуються чинними цінниками на виливки [8, 31, 49].

Наведені значення цін можна вважати умовними, що цілком придатні для порівняльних і навчальних розрахунків. Для визначення цін заготовок потрібно користуватись чинними цінами, методиками та нормативними матеріалами індексування цін.

Ціну виливка корпусу верньєрного запишемо у вигляді:

$$C_B = [C_{\delta B} \cdot G_B \cdot K_{TB} \cdot K_{CB} \cdot K_{MB} \cdot K_{ПМВ} \cdot K_{СТ} - (G_B - G_g) \cdot C_{Bx}]; \quad (4.1)$$

де  $C_B$  і  $C_{\delta B}$  – ціна виливка та базова ціна однієї тонни виливків, виготовлених з базового матеріалу, грн/кг;

$G_B$  – вага виливка, кг;

$K_{TB}$ ,  $K_{CB}$ ,  $K_{MB}$ ,  $K_{ПМВ}$ ,  $K_{СТ}$  – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності виливка, марки матеріалу, річного замовлення (групи серійності) та маси виливка й відносного потоншення основних стінок виливка порівняно з базовою товщиною.

Значення коефіцієнтів заносимо до таблиці 4.1.

Отже, підставивши коефіцієнти в формулу одержимо:

– для виливання у кокіль:

$$C_B = 250 \cdot 0,215 \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 4,36 \cdot 1,05 \cdot 1,1 - (0,215 - 0,165) \cdot 78 = 353,4 \text{ (грн.)};$$

– для литва під тиском:

$$C_B = 250 \cdot 0,195 \cdot 1,64 \cdot 1 \cdot 4,36 \cdot 1,05 \cdot 1,15 - (0,195 - 0,165) \cdot 78 = 418,6 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнтів

Спосіб виготовлення	$C_{об}$	$G_B$	$G_g$	$K_{TB}$	$K_{CB}$	$K_{MB}$	$K_{ПМВ}$	$K_{СТ}$	$C_{Вх}$
Кокіль	250	0,215	0,165	1,32	1	4,36	1,05	1,1	78
Під тиском	250	0,195	0,165	1,64	1	4,36	1,05	1,15	78

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу верхнього:

$$E = (418,6 - 353,4) \cdot 6000 = 391200 \text{ (грн.)}$$

Проаналізувавши розрахунки двох методів, обираємо литво у кокіль, адже собівартість виготовлення заготовки корпусу верхнього за цим методом менша на 65,2 грн., а в межах річної програми випуску – 391200 грн.

#### 4.2 Розрахунок загального освітлення виробничого приладдя

Прагильно спроектоване й виконане виробниче освітлення поліпшує умови роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці і якості продукції, що випускається, безпеці праці й зниженню травматизму на ділянці. Освітлення робочого місця – найважливіший фактор створення нормальних умов праці [4, 10, 12, 18-21, 22, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

В залежності від способу визначення світлового потоку розрізняють два методи розрахунку: коефіцієнта використання і точковий.

Метод коефіцієнта використання дозволяє забезпечити середнє освітлення поверхні з врахуванням всіх падаючих на неї потоків, як прямих, так і відображених. Його застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь.

Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N}; \quad (4.2)$$

звідки визначимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}; \quad (4.3)$$

де  $E_n = 200 \text{ лк}$  – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,5$  – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 1440 \text{ м}^2$  – площа приміщення, що освітлюється (механічне відділення);

$z = 1,15$  – коефіцієнт номінального освітлення.

Коефіцієнт використання  $\eta$  знаходять попередньо визначивши індекс приміщення  $i$  за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (4.4)$$

де  $a, b$  – довжина та ширина цеху відповідно:  $a = 24 \text{ м}, b = 60 \text{ м}$ ;

$h$  – розрахункова висота:

$$h = H - h_r, \quad (4.5)$$

де  $H = 10$  м – висота від підлоги до ферми;

$h = 1,2$  м – висота від підлоги до робочого місця.

Тоді маємо, що

$$h = 10 - 1,2 = 8,8 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення дорівнює

$$i = \frac{24 \cdot 60}{8,8 \cdot (24 + 60)} = 1,95.$$

Знаходимо коефіцієнт використання  $\eta = 0,59$ .

Світловий потік ламп ДРЛ-250 становить  $\Phi = 11000$  (лк).

Тоді знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1440 \cdot 1,15}{0,59 \cdot 11000} = 76 \text{ (шт)}$$

Приймаємо для освітлення цеху 38 світильників по 2 лампи ДРЛ-250, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

#### 4.3 Екологічні проблеми машинобудування

Машинобудування займається випуском різноманітної кількості продукції. Для виробництва останньої використовуються подібні сировинні та технологічні ресурси, чим обумовлена значна спільність екологічних проблем, що притаманні різним галузям машинобудування. На проблеми екологічного характеру впливає не стільки виробничий профіль заводів, скільки технічний рівень виробництва.

Наприклад, механічна обробка на металорізальних верстатах призводить до утворення твердих відходів, якими є стружка. Вони частково потрапляють до

атмосфери та стічних вод. Окрім цього, значна витрата металу на відходи не сприяє раціональному використанню ресурсів.

На даний момент найбільш екологічно небезпечним є гальванічне виробництво, а також нанесення лакофарбових покриттів. У такому виробництві застосовуються солі важких металів. Відходи виробництва не можуть бути утилізовані на місцевих звалищах. Доволі часто після накопичення на території підприємства вони змішуються із іншими відходами та потрапляють до стічних вод.

Під час фарбування відходів утворюється небагато, але вони являють собою складні хімічні з'єднання та викиди високого рівня токсичності.

До найбільш глобальних проблем екології відносять виснаження природних ресурсів; кліматичні зміни; забруднення води, ґрунту, повітря.

Стационарні джерела машинобудівних підприємств щорічно викидають до атмосфери понад 30% промислових забруднень, тоді як очисне обладнання наявне на 30% підприємств.

Отже, необхідно здійснювати роботи за наступними напрямками: впровадження сучасних технологій зменшення шкідливих відходів виробництва; покращення фільтрації стічних вод підприємства; переробка та утилізація шкідливих речовин підприємств; впровадження системи моніторингу, контролю екології місцевості.

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення клапану прискорювального гальмівного приводу автодозу-зерновозу, що широко використовується автотранспортними підприємствами. Проведено аналіз корпусу верхнього. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – великосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу верхнього. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 68^{+0.022}$  мм розрахунково-аналітичним методом. На інші поверхні деталі припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки поверхні корпусу верхнього. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, параметрів силового приводу.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу верхнього клапану прискорювального. Річний економічний ефект для програми випуску 6000 шт. склав 391200 грн. Окрім того, наведено розрахунок загального освітлення виробничого приміщення. Розглянуто екологічні проблеми машинобудування.

5 У графічній частині наведено складальний кресленик вузла клапану прискорювального, робочий кресленик корпусу верхнього, кресленик заготовки корпусу верхнього, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції точіння.