

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: «Технологічні особливості виготовлення поршня
клапану керування гальмами зерновозу»

КРБ.133ГМбд_41.19.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
ШЕБЕРЕВ Максим

Керівник: докт. техн. наук, професор
ХАРЧЕНКО Сергій

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Клапан керування гальмами зернового – це ключовий елемент системи гальмування, який забезпечує безпечне та ефективне гальмування під час перевезення зерна. Він відповідає за розподіл гальмівного зусилля і може бути пневматичним або гідравлічним залежно від конструкції транспортного засобу.

Основні функції клапану полягають у наступному:

- регулювання тиску (контроль тиску в гальмівній системі для запобігання перегріву та зносу гальм);
- автоматична адаптація (адаптація гальмівного зусилля в залежності від навантаження та умов руху);
- безпека (забезпечення рівномірного гальмування для запобігання перекиданню або пошкодженню вантажу).

При виборі та обслуговуванні клапану важливо враховувати специфікації виробника та рекомендації щодо технічного обслуговування для забезпечення надійності та безпеки експлуатації.

Отже, клапан керування гальмами зернового є необхідним елементом з кількох причин: безпека; контроль навантаження; ефективність; стійкість.

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (поршень), є складовою частиною клапану керування гальмами зернового.

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

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

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

- здійснити зіп'рацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри відомими методами, розробити розрахунково-технологічну карту на одну із операцій обробки;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, здійснити розрахунок слабкої ланки;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору збереження праці та захисту довкілля;

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Клапан керування гальмами причепа із клапаном обриву призначений для використання у двоконтурній пневматичній гальмовій системі вантажних автомобілів-тягачів, колісних тягачів (рисунок 1.1, а, б). Управляється пневматично від двоконтурного гальмового крану, а також автономно від ручного крану зворотної дії керування стоянковим гальмом або запасної гальмівної системи. Забезпечує швидке, регульоване наповнення стисненим повітрям керуючої магістралі причепа. У випадку розгерметизації або невідключення керуючої магістралі причепа забезпечує автоматичне його загальмування.

а)

б)

Рисунок 1.1 – Клапан керування гальмами: а – вид загальний,
б – конструктивна схема

Основна технічна характеристика наведена у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика клапану

Назва параметра	Величина
Робочий тиск, МПа, не більше	0,8
Різьби приєднувальні	M22×1,5
Інтервал робочих температур, °С	-45...+60
Робоче середовище	стиснуте повітря
Габаритні розміри, мм	170×165×160
Маса, кг	2,6

У розгальмованому стані до виводів II і V (рисунк 1.1, б) клапану постійно подається стиснуте повітря від ручного крану зворотної дії й повітряного балону, що впливаючи зверху на діафрагму 2 і знизу на середній поршень 3, утримує поршень 1 у нижньому положень. При цьому сполучна магістраль керування гальмами причепа, вивід IV, через отвори у клапані 5 і поршні 1 з'єднана з атмосферним виводом VI. При подачі стисненого повітря від однієї секції гальмівного крану до виводу III поршні 6 і 7 одночасно переміщуються вниз. Поршень 7 сідає своїм сидлом на клапан 5, перекриваючи отвір, що з'єднує вивід IV з атмосферним виводом VI, а потім відриває клапан 5 від сидла поршня 3. При цьому стиснуте повітря від виводу V надходить до виводу IV і далі в магістраль керування гальмами причепа доти, поки його вплив знизу на поршні 6 і 7 не зрівноважується тиском стисненого повітря, підведеного до виводу III над поршнем. Після цього клапан 5 під дією пружини 4 сідає на сидло поршня 3, перекриваючи доступ стисненого повітря від виводу V до виводу IV. У такий спосіб здійснюється слідкуюча дія. При розгальмовуванні причепа зменшується тиск на виводі III і поршні 6 і 7 під дією пружин 8 і 10 і тиску стисненого повітря у виводі IV переміщуються вгору. Сидло поршня 7 відривається від сидла клапану 5, і вивід IV сполучається із атмосферним виводом VI.

При подачі стисненого повітря до виводу I, під діафрагму 2 від іншої секції гальмівного крану, поршні 1 і 3 разом із клапаном 5 піднімаються нагору. При цьому клапан 5 сідає на сідло поршня 7, перекриваючи атмосферний вихід. При подальшому переміщенні поршня 3 клапан 5 відривається від сідла й стиснене повітря від виводу V надходить до виводу IV і далі в магістраль управління гальмами причепа доти, поки його тиск на поршень 3 зверху не зрівноважиться тиском на діафрагмою 2 знизу. Після чого клапан 5 сідає на сідло в поршні 3, перекриваючи доступ повітря з виводу V до виводу IV.

При розгальмовуванні причепа, тиск у виводі I, а також під діафрагмою 2 падає, поршні 1 і 3 переміщуються вниз. Клапан 5 відривається від сідла в поршні 7, сполучаючи вивід IV з атмосферним виводом VI.

Стиснуте повітря може одночасно підводитися до виводів I і III. При цьому відбувається одночасне переміщення поршнів 6 і 7 униз, а поршнів 1 і 3 нагору. Заповнення керуючої магістралі причепа, вивід IV, і випуск із її стисненого повітря відбувається аналогічно описаному вище. При підведенні стисненого повітря до виводу III або одночасно до виводів III і I, тиск у виводі IV з'єднаному з магістраллю управління гальмами причепа, перевищує тиск, підведений до виводу III. Цим забезпечується випереджувальна дія гальм причепа. Перевищення тиску на виводі IV регулюється гвинтом 9 і становить 0,06 МПа. При закручуванні гвинта тиск збільшується, при вивертанні зменшується. При гальмуванні причепа запасною або системою стоячкового гальма тиск стисненого повітря у виводі II над діафрагмою 2 падає. Стиснене повітря, подане до виводу V, переміщує поршні 1 і 3 нагору, клапан 5 сідає на сідло в поршні 7, перекриваючи атмосферний вивід VI. При подальшому пересуванні клапан 5 відривається від сідла в поршні 3 і відбувається перепуск стисненого повітря з виводу V у вивід IV керуючої магістралі причепа доти, поки тиск стисненого повітря знизу на поршень 3 не зрівноважиться тиском над поршнем 3 і діафрагмою 2. У такий спосіб реалізується слідкуюча дія.

У розгальмованому стані під дією пружини 11 поршень 12 перебуває у верхньому положенні. При гальмуванні автотранспортного засобу стиснене повітря з виводу III надходить у порожнину А, діє на поршень 12 зверху й, переборюючи

зусилля пружини 11, зрушує його вниз. Якщо розгерметизація керуючої магістралі відсутня, то тиск, що потрапляє до порожнини Б, впливаючи на поршень 12 знизу підіймає його у верхнє положення. Таким чином поршень 12 знаходиться у постійному русі. Якщо керуюча магістраль IV розгерметизована, то при гальмуванні відбувається різке падіння тиску в ній і у порожнині Б. Поршень 12 під впливом керуючого тиску в порожнині А переміщається до упору вниз, замикаючи в такий спосіб стиснуте повітря, що подається, від виводу V до виводу IV, запобігаючи тим самим витіканню повітря з ресивера до атмосфери. Одночасно відбувається зниження тиску в живильній магістралі причепа, що приводить до його загальмовування.

Клапан керування гальмами причепа на автотранспортних засобах кріпиться двома гайками М8, навернутими на болти, що з'єднують верхній і середній корпуси апарату. Установлюється випускним вікном униз із можливістю регулювання клапана без демонтажу з автомобілю.

При монтажі клапану на автотранспортних засобах ущільнення трубопровідної арматури, що приєднується до різьбових отворів М22×1,5, повинне здійснюватися за допомогою гумових ущільнювальних елементів. Застосування різного роду герметиків, ущільнювальних композицій не допускається.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є поршень (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Поршень

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності деталі

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

№ пов.	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	$73_{-0,46}$	-	-	-	12,5
2	Торець	$73_{-0,46}$	-	-	-	12,5
3	Циліндрична	$\phi 30_{-0,37}^{-0,16}$	b12	-	-	6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
4	Циліндрична	$\phi 9,5_{-0,09}$	h11	-	-	6,3
5	Циліндрична	$\phi 13_{-0,43}$	h14	-	-	6,3
6	Циліндрична	$\phi 27_{-0,5}$	h14	-	-	6,3
7	Циліндрична	$\phi 26_{-0,21}$	h12	-	-	3,2
8	Циліндрична	$\phi 14_{-0,43}$	h14	-	-	6,3
9	Циліндрична	$\phi 12_{-0,11}$	h11	-	-	6,3
10	Циліндрична	$\phi 13_{-0,11}$	h11	-	-	3,2
11	Циліндрична	$\phi 17_{-0,15}^{+0,25}$	b12	-	-	6,3
12	Торець	$1,4^{+0,1}$	h12	-	-	6,3
13	Торець	$65,2_{-0,3}$	-	-	-	6,3
14	Торець	$12_{-0,27}$	-	-	-	6,3
15	Торець	$15,5_{-0,215}$	js14	-	-	6,3
16	Торець	$3,3^{+0,18}$	h13	-	-	6,3

При проведенні аналізу виявлено, що вимоги до точності і шорсткості прийнятні, розміри проставлені раціонально. Найточніші поверхні за 11 квалітетом, шорсткість $R_a=3,2$ мкм та $R_a=6,3$ мкм, що цілком можливо виготовити.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Матеріал поршня Д16Т за ГОСТ 21489-97 [24, 37]. Це алюмінієвий сплав. Сплави цього типу мають високу корозійну стійкість, листи від корозії захищають плакуванням. Плакування полягає у тому, що на обидві поверхні листа із дюралюмінію наносять тонкий (3...5% від товщини листа) захисний шар з чистого алюмінію, який має високу корозійну стійкість. Дюралюміній знаходять широке застосування в авіабудуванні, автомобілебудуванні, вагонобудуванні, будівництві.

Деталі з дюралюмінію гартують (температура гартування 500°C), а потім піддають штучному старінню при 100...200°C. Якщо деталі після гартування треба деформувати, це слід робити в інкубаційний період (2..3 години), протягом якого сплав зберігає свою пластичність. У таблицях 1.3-1.4 наводимо дані щодо хімічного складу матеріалу та механічних властивостей деталі та її аналогів.

Таблиця 1.3 – Хімічного складу Д16Т та його аналогів, %

Марка	Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Mg	Zn
Д16Т	до 0,5	до 0,5	0,3-0,9	до 0,1	до 0,1	91-95	3,8-4,9	1,2-1,8	до 0,3
Д18	до 0,5	до 0,5	до 0,2	-	до 0,1	95-98	2,2-3,0	0,2-0,5	до 0,1
Д19	до 0,5	до 0,5	0,5-1	-	до 0,1	91-94	3,8-4,3	1,7-2,3	до 0,1

Таблиця 1.4 – Механічні властивості при t=20°C

Марка	Сортамент	σ_b МПа	σ_T МПа	α_5 %	Термообробка
Д16Т	Дріт	470	300	19	Гартування і старіння
Д18	Дріт	300	170	24	Гартування і старіння
Д18	Дріт	160	60	25	Відпалювання
Д19	Профіль	450	340	12	-

Отже, обраний замінник матеріалу повністю відповідає технічним та технологічним вимогам.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях поршня клапану керування гальмами у кількості 700 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

де $N_{вин}$ – 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 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (700 + 0,04 \cdot 700) \cdot (1 + 0,025) \approx 746 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів, що відповідають технологічності виробу. Якщо вузол за якими-небудь параметрами не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) вжити заходів з поліпшення конструкції [23]. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності.

1. При складанні вузла і встановленні його на машину, роботи підгонки відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, застосуванням прокладок, що компенсують похибку при встановленні.

2. Вузол має у своєму складі багато стандартних та уніфікованих деталей, що значно спрощує його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

$$K_{cm} = \frac{E_{cm}}{E}, \quad (2.1)$$

$$K_{cm} = \frac{35}{59} = 0,59,$$

де E_{cm} – кількість стандартизованих одиниць.

E – загальна кількість одиниць.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{E_y}{E}, \quad (2.2)$$

$$K_{yn} = \frac{18}{59} = 0,31,$$

де F – кількість уніфікованих одиниць,

E – загальна кількість одиниць.

3. Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. У даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин. Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню одної деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

4. У конструкції вузла передбачені елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси заокруглень, виконані на поверхнях складальних одиниць забезпечують гарне центрування при складанні та спрощують його.

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним, що приводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість. Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Вали повинні мати центрувальні отвори.	Центрувальні отвори виконуються.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Ступінчасті деталі (вали) повинні мати невеликі перепади, а довжина ступенів повинні бути однаковими або кратними для можливості обробки деталі на багато різцевих верстатах.	Знижений показник технологічності компенсується за рахунок відповідної технологічної обробки.	Не потрібні.
3	Отвори у деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь не має глухих отворів.	Не потрібні.
4	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між таким допуском і шорсткістю.	При проведенні аналізі креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.
5	Не бажана наявність шліфованих поверхонь	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь	Не потрібні.
6	Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори	У конструкції деталі відсутні дрібні різьбові отвори	Не потрібні.

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому деталь є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно і до нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для масового типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати виробництво на масовий тип, так як асортимент продукції постійно змінюється, а тому основною задачею роботи є перехід на серійний тип виробництва. Це значить, що обов'язково необхідно зробити зміни у структурі технологічного процесу. У базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати, які мають велику вартість, більшу собівартість налагодження та дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливе). Тому при проектуванні нового технологічного процесу необхідно замінити всі агрегатні верстати на верстати із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності в економіці і виробництві при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

2.5 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

T_z, T_d, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати 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:

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

Приклад, для обробки поверхні $\varnothing 30 \pm 0,12$. Допуск заготовки – 1,1 мм, допуск деталі – 0,21 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,1}{0,21} = 5,2.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 5,2}{0,46} \approx 1,6.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 2 етапів обробки для даної поверхні.

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 - Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск, мкм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск	Проміжні ступені	Загальне уточнення
							№	Переходи МОП				
1	13	460	12,5	1500	15	3,26	1	Фрезерування	13	460	3,26	3,26
3	12	210	6,3	1180	15	5,24	1	Чорнове точіння	14	620	1,77	5,24
							2	Напівчистове точіння	13	390	1,59	
							3	Чистове точіння	12	210	1,86	
4	11	90	6,3	600	15	6,67	1	Точіння	11	90	6,67	6,67
5	14	430	6,3	800	15	1,86	1	Точіння	14	430	1,86	1,86
6	14	520	6,3	900	15	1,73	1	Точіння	14	520	1,73	1,73
7	12	210	3,2	900	15	4,29	1	Чорнове точіння	14	520	1,73	4,29
							2	Напівчистове точіння	13	330	1,58	
							3	Чистове точіння	12	210	1,57	
8	14	430	6,3	800	15	1,86	1	Точіння	14	430	1,86	1,86
9	11	110	6,3	800	15	7,27	1	Чорнове точіння	14	430	1,86	7,27
							2	Напівчистове тсч	13	270	1,59	
							3	Чистове точіння	11	110	2,45	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
							1	Чорнове точіння	14	430	1,86	
10	11	110	3,2	800	15	7,27	2	Напівчистове точіння	13	270	1,59	7,27
							3	Чистове точіння	11	110	2,45	
							1	Чорнове точіння	14	430	1,86	
11	12	180	6,3	800	15	4,44	2	Напівчистове точіння	13	270	1,59	4,44
							3	Чистове точіння	12	180	1,5	
12	12	100	6,3	400	15	1	1	Точіння	12	100	1	1
13	12	300	6,3	1300	15	4,3	1	Точіння	12	300	4,3	4,3
14	13	270	6,3	800	15	2,96	1	Точіння	13	270	2,96	2,96
15	14	430	6,3	800	15	1,86	1	Точіння	14	430	1,86	1,86
16	13	180	6,3	500	15	2,78	1	Точіння	13	430	2,78	2,78

Загальний висновок: при виборі методів обробки кожної поверхні деталі, будемо керуватися показниками собівартості обробки та збільшенням якості оброблюваних поверхонь.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Маршрут обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 Заготівельна	Стрічкова пилка Vomar STG 320 DGH	
010 Фрезерно- центрувальна	Фрезерно- центрувальний МП-71М	
015 Токарна із ЧПК	Токарний із ЧПК 16K20T1	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
020 Мийна	Машина для миття	
025 Контрольна	Стіл ВТК	

2.5 Призначення схем базування

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежить: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Схеми базування

Номер операції	Схема базування
010	
015	

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\phi 30b12_{(-0,16)}^{(-0,37)}$ мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхні обертаючої деталі

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

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

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

ρ_{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;

ε_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.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_s, \quad (2.7)$$

$$3590 - 2700 = 1100 - 210;$$

$$890 = 890.$$

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при соробці $\phi 30b12\begin{smallmatrix} -0,16 \\ -0,37 \end{smallmatrix}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розр. розмір, мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ϵ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	185	-	32,333	1100	32,33	33,43	-	-	
Точіння чорнове	125	120	11	150	1267	31,357	620	31,06	31,68	1,27	1,75
Точіння напівчистове	63	60	9	120	731	30,326	390	30,33	30,72	0,73	0,96
Точіння чистове	32	30	7	120	486	29,84	210	29,63	29,84	0,7	0,88
								Σ		2,7	3,59

Розраховані припуски на обробку зручно зобразити графічно на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку розміру $\phi 30b12\begin{smallmatrix} -0,16 \\ -0,37 \end{smallmatrix}$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідником (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 – Припуски на обробку поверхонь деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу		Припуск Z_{\min} , мм
1	2	3		4
1	Торцева площина	1	Фрезерування	2,2
3	Циліндрична	1	Чорнове точіння	1,3
		2	Напівчистове точіння	1,1
		3	Чистове точіння	0,45
4	Циліндрична	1	Точіння	1,3
5	Циліндрична	1	Точіння	1,3
6	Циліндрична	1	Точіння	1,3
8	Циліндрична	1	Точіння	1,3
9	Циліндрична	1	Чорнове точіння	1,3
		2	Напівчистове точіння	1,1
		3	Чистове точіння	0,45
10	Циліндрична	1	Чорнове точіння	1,3
		2	Напівчистове точіння	1,1
		3	Чистове точіння	0,45

Продовження таблиці 2.6

1	2	3		4
11	Циліндрична	1	Чорнове точіння	1,3
		2	Напівчистове точіння	1,1
		3	Чистове точіння	0,45
12	Торець	1	Точіння	1,0
13	Торець	1	Точіння	2,0
14	Торець	1	Точіння	1,4
15	Торець	1	Точіння	1,4
16	Торець	1	Точіння	1,1

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (015 токарна із ЧПК) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленник пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складеться із наступних елементів: 1 – стакан; 2 – фланець; 3 – диск; 4 – корпус; 5 – диск; 6 – кільце; 7 – палець; 8 – центр; 9 – під'ятник; 11 – болт; 12-14 – гвинт; 15 – пружина; 16 – штифт.

Чотири загострених ведучих пальців 7 встановлено у корпусі 4 патрону. На явні кола трьох відмінних між собою діаметрів для розташування пальців в корпусі. Штифт 16 використовується для фіксації пальців, які налаштовуються за діаметром

обробки. Фіксація здійснюється кільцем 6. Саме наявність штифтів унеможливило процес повороту пальців. Для компенсації торцевого биття заготовки торці штирів спираються на п'яту. Оснащення контактує із поверхнею підп'ятника 9. Фланець 2 має отвір, що відповідає посадочному конусу фланця шпинделя верстата. Він кріпиться до фланця шпилькою та гайкою. Обертанням центру та стакану 1 здійснюється регулювання вильоту для центру 8, а також зусилля пружини 15. Під час закріплення деталі вона підноситься центровим отвором до патронного центру. Потім обертанням заднім центром відбувається підтискання вздовж осі. Пальці взаємодіють із торцем деталі.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Затискне пристосування повинно надійно затиснути оброблювану деталь, яка в процесі точіння знаходиться під дією зусилля різання. При цьому деталь закріплена таким чином, що зусилля затиску не викликає її деформації [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Для розрахунку затискних елементів пристосування потрібно визначити зусилля затиску. З урахуванням забезпечення надійності сили маємо, що

$$W = \frac{\beta \cdot P_x \cdot d_0}{2f} \quad (3.1)$$

де β – коефіцієнт надійності затиску ($\beta=1,4$);

P_x – сила різання, Н, що становить 40% від P_z ;

d_0 – діаметр точіння, мм [30,5];

f – коефіцієнт тертя ($f=0,1$).

Розрахуємо силу різання при точінні за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t \cdot S^2 \cdot V^n \cdot K_P \quad (3.2)$$

де C_p – коефіцієнт, 40;

t – глибина різання, мм, 3,5;

S – подача, мм/об, 0,15;

V – швидкість різання, м/хв. (не розраховуємо, т.я. показник ступеня 0);

x, y, n – показники ступеня ($x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$).

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi r} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.3)$$

де $K_{mp} = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки;

$K_{\phi r} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma p} = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного реза;

$K_{rp} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині.

Тоді

$$K_p = 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,1.$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1,1 = 371,2 \text{ (Н)}.$$

$$P_x = 0,4 \cdot 371,2 = 148,5 \text{ (Н)}.$$

Визначимо зусилля записку:

$$W = \frac{1,2 \cdot 148,5 \cdot 0,035}{0,1 \cdot 2} = 36,4 \text{ (Н)}$$

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

На наш погляд, слабкою ланкою у пристосуванні є штифт, позиція 16 (зусилля розподілене між чотирма штифтами). Проведемо розрахунок на зріз. Критерієм є умова міцності, що має наступний вид:

$$\tau = \frac{F}{A} \leq [\tau] \quad (3.5)$$

де $[\tau]$ – межа міцності на зсув, $[\tau] = (0,4 \dots 0,6) \cdot \sigma$. Для легованої сталі зі зміцненою азотуванням поверхнею $[\tau] = 60$ МПа;

F – навантаження;

A – площа навантаженого перерізу.

$$\tau = \frac{4 \cdot 36,4 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,005^2} = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,5 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}.$$

Отже можна зробити висновок, що штифт має достатню міцність.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для порівняння, що виготовляється з дюралюмінію марки Д16Т, способи отримання заготовок для порівняння наступні: виготовлення із прутка та штампування у закритих штампах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Точність розмірів заготовки з прокату 12...15 квалітет, шорсткість поверхні за $R_z - 80 \dots 20$, коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,45...0,5.

Точність розмірів штампуванням у закритих штампах 13...15 квалітет, шорсткість поверхні за $R_z - 80 \dots 20$, коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,8...0,9.

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена з прокату:

$$Q_{заг} = \frac{Q_d}{k_i}, \quad (4.1)$$

де Q_d – маса деталі, кг ($Q_d = 0,05$);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$Q_{заг} = \frac{0,05}{0,5} = 0,1 \text{ (кг)}.$$

При отриманні деталі штампуванням маса заготовки буде становити:

$$Q_{заг} = \frac{Q_d}{k_i} = \frac{0,05}{0,8} = 0,06 \text{ (кг)}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість заготовок. Вартість штампованої заготовки, грн.:

$$C_3 = Q_{заг} \left(\frac{C_{мат}}{1000} \cdot K_m \cdot K_6 \cdot K_M \cdot K_n \cdot K_{ск} \right) - (Q_{заг} - Q_0) \frac{C_{від}}{1000}; \quad (4.2)$$

$C_{мат}$ – вартість тони матеріалу заготовки, грн., 100000;

$C_{від}$ – вартість тони відходів матеріалу заготовки, грн., 50000;

K_m – коефіцієнт, що залежить від класу точності. Оскільки клас точності заготовки ТЗ, то $K_m = 1,1$;

K_6 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, $K_6 = 1,2$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, за $K_M = 1,20$;

K_n – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, $K_n = 1,05$;

$K_{ск}$ – коефіцієнт, що залежить від конструктивної та технологічної складності заготовки, $K_{ск} = 1,2$.

Визначаємо собівартість штампованої заготовки:

$$C_3 = 0,06 \left(\frac{100000}{1000} \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \right) - (0,06 - 0,05) \frac{50000}{1000} = 11,5 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо собівартість заготовки із прокату, грн.:

$$C = Q_{заг} \cdot C_{мат} - (Q_{заг} - Q_0) \frac{C_{від}}{1000}, \quad (4.3)$$

де $Q_{заг}$ – маса заготовки, кг;

$C_{мат}$ – вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн. 100;

Q_0 – маса деталі, кг;

$C_{вб}$ – вартість 1 т. відходів, грн., 50000

Визначаємо собівартість заготовки з прокату:

$$C = 0,1 \cdot 100 - (0,1 - 0,05) \frac{50000}{1000} = 7,5 \text{ (грн.)}.$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати пруток. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (11,5 - 7,5) \cdot 700 = 2800 \text{ (грн.)}.$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення з прокату (пруток), оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 4,0 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки обробкою тиском.

4.2 Інженерний розрахунок штучного освітлення

Штучне освітлення призначається для освітлення робочих поверхонь у темний час доби, або при недостатньому їх освітленні. Штучне освітлення проектується двох видів: загальне та місцеве. Загальне призначається для освітлення усього цеху в цілому, а місцеве використовується для освітлення конкретного робочого місця, умови роботи на якому не задовільняють загальному освітленню в цеху. Загальне освітлення розраховується методом світлового потоку [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Світловий потік однієї лампи дорівнює:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N} \quad (4.4)$$

Знайдемо з цієї формули необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}; \quad (4.5)$$

де $E_n = 500$ лк – значення нормативного освітлення цехів;

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

$S = 2304$ м² – площа приміщення, що освітлюється;

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

N – кількість ламп.

Коефіцієнт використання η знаходять по постійній приміщенню:

$$\eta = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}; \quad (4.6)$$

де a, b – довжина та ширина цеху; $a = 48$ м, $b = 48$ м;

h – розрахункова висота;

$$h = H - h_r, \quad (4.7)$$

$H = 8$ м – висота від підлоги до ферми;

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

Тоді

$$h = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)}.$$

Постійна приміщення дорівнює:

$$i = \frac{48 \cdot 48}{6,8 \cdot (48 + 48)} = 3,5.$$

Знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,60$.

Світловий потік ламп ДРЛ–700 $\Phi = 35000$ лк. Тоді за вищевказаною формулою знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{500 \cdot 1,5 \cdot 2304 \cdot 1,15}{0,60 \cdot 35000} = 94 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху приймаємо 47 світильників по 2 лампи ДРЛ – 700, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Екологічні аспекти утилізації стружки кольорових металів

Утилізація стружки кольорових металів – це важливий процес, який має значні екологічні та економічні аспекти. Розглянемо їх докладніше.

1. Скорочення відходів. Стружка, що утворюється при механічній обробці кольорових металів, являє собою значний обсяг виробничих відходів. Ефективна утилізація дозволяє:

- зменшити обсяги звалищ (скорочення відходів на звалищах допомагає запобігти забрудненню ґрунту та води, а також зменшує необхідність нових звалищ);

- зменшити навантаження на природу (відходи, які не утилізуються, можуть розкладатися та виділяти шкідливі речовини, що негативно позначається на екосистемах).

2. Вторинна сировина. Стружка кольорових металів може бути перероблена на якісну вторинну сировину. Це має кілька переваг:

- зниження потреби в первинних ресурсах (використання переробленої сировини зменшує потребу у видобутку нових металів, що знижує екологічну дію, пов'язану з гірничою діяльністю);

- економія ресурсів (переробка вимагає менше води та енергії порівняно з первинною переробкою, що сприяє раціональнішому використанню ресурсів).

3. Енергетичні витрати. Процеси переробки стружки кольорових металів зазвичай вимагають значно менше енергії, ніж видобуток і переробка первинних металів. Це пов'язано з наступним:

- споживання енергії (переробка вже підготовленого матеріалу вимагає менше витрат на переробку, що призводить до зниження викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин);

- зниження вуглецевого сліду (зниження рівня споживання енергії знижує вуглецевий слід металургійної галузі, що сприяє боротьбі зі зміною клімату).

4. Забруднення. Неправильна утилізація стружки може призвести до серйозних екологічних проблем:

- виділення токсичних речовин (деякі кольорові метали можуть містити небезпечні домішки, які при розкладанні можуть забруднювати ґрунт та воду);

- важкі метали (забруднення важкими металами може негативно впливати на здоров'я людей і тварин, а також призводити до деградації екосистем).

5. Безпека праці. Процес утилізації стружки вимагає дотримання суворих норм безпеки для захисту працівників:

- шкідливі речовини (переробка може містити роботу з токсичними або небезпечними матеріалами, що потребує спеціальних засобів захисту);

- механічні ризики (робота з обладнанням для переробки стружки також пов'язана з ризиками травм, що наголошує на важливості навчання та дотримання стандартів безпеки).

6. Технологічні інновації. Сучасні технології переробки кольорових металів продовжують розвиватися, що спричиняє.

- ефективні методи переробки (нові технології дозволяють підвищити ефективність переробки, знизити витрати та мінімізувати екологічні ризики);
- екологічні технології (впровадження екологічно чистих технологій та замкнутих циклів виробництва може значно покращити екологічні показники утилізації).

Таким чином, утилізація стружки кольорових металів – це не тільки спосіб зменшити кількість відходів, але й можливість раціонально використовувати ресурси, знижувати екологічну шкоду та забезпечувати безпеку праці. Відповідальний підхід до утилізації має велике значення для сталого розвитку та захисту нашої планети.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення клапану керування гальмами. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме поршня. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь поршня. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 36^{+0,16}_{-0,37}$ мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції токарної обробки поршня. Визначено зусилля зачистки. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 700 шт. склав 2800 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки з освітлення машинобудівного цеху. Висвітлені екологічні аспекти, пов'язані із утилізацією стружки кольорових металів.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик клапану керування гальмами зернового, кресленик поршня, розрахунково-технологічна карта, складальний кресленик затискного пристосування для виконання токарної операції механічної обробки.