

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: «Підготовка виробництва для виготовлення корпусу
крану гальмівного вантажівки»

КРБ.133ГМбд_21[1].07.00.00.000 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]
КЛИМЕНКО Іван

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ВЕТОХІН Володимир

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Запірна арматура, зокрема кран, що розглядатиметься у даній кваліфікаційній роботі, представляє собою трилінійний 3-ох позиційний золотниковий пневматичний розподільник. Має механічний тип керування. У приводі закладається положення золотника. Він застосовується у пневматичних системах вантажних транспортних засобів. Призначається для впуску-випуску, а також утримання повітря в магістралі.

Перевагами крану є: простота конструкції; надійність; низька собівартість; високий термін служби. Саме тому розробка та удосконалення конструкцій запірної арматури, що застосовується у складі транспортних засобів сільськогосподарського виробництва є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме корпус, є складовою частиною крану гальмівного, що працює у складі вантажівки КрАЗ.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є кран гальмівний, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу, що входить до його складу.

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

- 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 відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;
- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри затискача, розрахувати слабку ланку на міцність;

- 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.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У даній кваліфікаційній роботі на розгляд вноситься кран гальмівний 11.3122110 (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Кран гальмівний: 1 – корпус; 2 – золотник; 3 – кільце; 4 – втулка;
5 – напрямна золотника; 6 – заглушка транспортна; 7 – фільтр

Даний пристрій застосовується на вантажних автомобілях КраЗ, колісних тягачах із централізованою системою регулювання тиску повітря у шинах. Кран гальмівний призначений для впуску або випуску повітря із шин з метою підвищення прохідності автомобіля на важких ділянках шляху за рахунок регулювання тиску.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика крана гальмівного 11.3122110

з.п.	Найменування параметра	Розмірність	Значення
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Принцип дії наступний. Стиснене повітря крізь вивід 1 потрапляє у порожнину корпусу 1. При нейтральному положенні II золотника 2 його пази розташовуються поміж гумовими кільцями 3, а порожнина 1 роз'єднана з виводами 2 та 3.

Це усуває можливість потрапляння стисненого повітря із пневматичної системи (вивід 1) до шини (вивід 2) та випускання повітря з шини в атмосферу (вивід 3). При переміщенні золотника 2 вліво його пази розташовуються під лівою гумовою втулкою 4. Крізь створений зазор стиснене повітря потрапляє у вивід 2, а потім до шини. Таким чином буде відбуватись підвищення тиску в шинах. При переміщенні золотника 2 вправо його пази розташовуються під правою втулкою 4, і крізь створений зазор стиснуте повітря з виводу 2 буде потрапляти в атмосферний вивід 3. Таким чином буде здійснюватись зниження тиску в шинах.

Кран встановлюється на автомобілі за допомогою двох болтів М8. У місці встановлення повинно бути достатньо місця для забезпечення монтажу та демонтажу, а також для забезпечення робочого ходу золотника.

Корпус 1 крану відливається з алюмінію, має три бобишки, у які вкручуються транспортні заглушки 6, дві з яких розміщені в одній площині, а остання перпендикулярно до них.

Золотник 2 крану складається з двох матеріалів –автоматної сталі А12 та пластичної маси марки техносет Б-110, має високу точність і шорсткість. Він рухомий і заїдання з іншими деталями не допустиме. Наявні гумові ущільнення у вигляді двох кілець 3 та двох втулок 4, які ущільнюють золотник 2 і корпус 1.

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є корпус крану (рисунок 1.2). Для виготовлення даної деталі використовують алюмінієвий сплав АК5М2 за ДСТУ 2839-94.

1.2 Аналіз параметрів точності

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

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Корпус крану»

№ пов.	Назва поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм
				Форми	Розташ.	
1	2	3	4	5	6	7
1	Міжосьова відстань	60±0,2	±IT13/2	-	-	

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
2						
3						
4						
5						
6						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
18						
19						
20						
21						

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
22	Різьбова внутрішня	K 3/8 ^{//}	7H	-	-	12,5

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.2 – Корпус

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня $\varnothing 22H12^{+0.21}$. Найнижча шорсткість $Ra = 1,6$ мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного підприємства.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Вибір матеріалу залежить від службового призначення, конструктивної форми, методу виготовлення заготовки. Хімічний склад й механічні властивості матеріалу деталі заносимо у таблицю 1.3 [24, 37].

Таблиця 1.3 – Хімічний склад матеріалу деталі та деталі-аналогу

Марка матеріалу	Хімічний склад, %					Механічні властивості		
	Cu	Ti	Mg	Mn	Si	σ_e , МПа	δ , %	НВ, МПа
AK5M2	1,2...3,5	0,05...0,2	0,2...0,8	0,2...0,8	4...6	157	0,5	650
AK6M2	1,8...2,7	0,1...0,2	0,3...0,5	0...0,1	5,5...6,5	230	2	780

Призначення сплаву АК5М2 – втулки, шайби, корпусні деталі, шківни, вінці шнеків, гвинти, гайки, штуцери, труби. Сплав АК5М2 (ДСТУ 2839-94) відноситься до міцних алюмінієвих сплавів. Сплави даної групи мають у гарячому стані досить високу пластичність і відносно легко деформуються у холодному стані після відпалювання. Отже, матеріал добре обробляється різанням. Основною перевагою цих сплавів є висока міцність. Як видно із таблиці 1.3, за хімічним складом та механічними властивостями можлива заміна сплаву АК5М2 на ливарні алюмінієві сплави АК6, АК6М2, АЛ19, АЛ21 чи на дюралію Д16, Д20.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях крану гальмівного у кількості 200 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.

$$N_{зан} = (600 + 0,04 \cdot 600) \cdot (1 + 0,025) = 640 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла до 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Для забезпечення технологічності конструкції виробу передбачається взаємопов'язане рішення конструкторських і технологічних задач, що спрямовані на підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових та матеріальних витрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування та ремонт виробу [23].

Конструкція крану є достатньо складною. У даному вузлі не застосовуються стандартні вироби. Конструкція дозволяє виконувати його складання без особливих ускладнень. Точність виготовлення деталей практично включає підгоночні операції. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонту кран досить просто розбирається.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватись у корпус, оброблені достатньо якісно з точки зору точності. Будова крану дозволяє проводити його складання повузлову без проміжного складання та розбирання складових частин. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність розташування їх у машині. Регулювання та контроль роботи проводиться без розбирання. Загалом конструкцію крану можна визнати технологічною і придатною до виготовлення та експлуатації.

В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базується 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 спрощувати їх. Це має значення для потужності, а багатоінструментальна обробка та велика концентрація переходів вимагають більш точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до більшості поверхонь.

Повні результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність корпусу

№ з.п.	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам	Заходи щодо поліпшення технологічності
	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	-
2.	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3.	Наявність глибоких отворів	Ні, технологічно	-
4.	Наявність отворів глибиною 8d?	Ні, технологічно	-
5.	Чи можлива багатошпиндельна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	Обробку проводити на верстаті із ЧПК
6.	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, нетехнологічно	-
7.	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45°?	Ні, технологічно	-
8.	Чи наявні отвори, неперпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
9.	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-
10.	Точність литва заготовки	Технологічно	-
11.	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Так, технологічно	Не потребує

Отже, можна зробити висновки, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

На підприємстві кран виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва. При його виготовленні застосовуються стандартні універсальні пристосування, універсальні верстати та ріжучий інструмент. Для умов середньосерійного типу виробництва запропоновано використання верстатів-напівавтоматів, автоматів, агрегатних та верстатів з ЧПК. Використання прогресивного інструменту дозволяє підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно витрати енергії, інструменту тощо.

При виготовленні заготовки корпусу крана використовується литва в кокіль. Даний метод литва дозволить отримати заготовки складної конфігурації. У нашому випадку цей метод є прийнятним для використання.

2.3 Маршрути обробки 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:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

де ε – загальне значення;

ε_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 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:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.2)$$

Приклад для обробки корпусу у розмір $26 \pm IT14/2$.

Допуск з кресленням 0,52 мм, допуск заготовки 2 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = 2 / 0,52 = 3,85.$$

Орієнтована кількість ступенів обробки:

$$n_p = \lg(3,85) / 0,46 = 1,27 \approx 1.$$

Дану поверхню раціонально обробляти за один прохід.

Розрахунки переходів для окремих поверхонь корпусу наведені в таблиці 2.2.

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Кількість ступенів обробки

№ пов. корпусу	Кількість ступенів обробки	№ пов. корпусу	Кількість ступенів обробки
1	2	3	4
1	1	11	1
2	1	12	3
3	4	13	1
4	1	14	2
5	2	15	2

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
6	1	16	3
7	4	17	2
8	2	18	1
9	1	19	2
10	2	20	3

Таблиця 2.3 – Методи обробки поверхні деталі

Розмір поверхні	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість, мкм	Допуск заготовки, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск	Призначена ступінь уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП			
Ø22 ^{+0,21}	H12	0,21	1,6	1,1	16	5,24	1	Свердління	14	0,52	2,12
							2	Розточування	12	0,21	2,47

Орієнтуючись на маршрути обробки деталей в цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання, що дає змогу економії при формуванні верстатного парку підприємства.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Принципова схема маршруту обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3

Полтавський державний аграрний університет

2.5 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 поверхня $\varnothing 22H12^{(+0,21)}$ мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

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.

Призначаємо якість поверхні відливка у коклі: $R_z = 200$ мкм, $h = 250$ мкм.

Встановлюємо точність та якість поверхні після механічної обробки:

- свердління – 13 квалітет: $R_z = 40$ мкм, $h = 50$ мкм;
- розточування – 12 квалітет: $R_z = 20$ мкм, $h = 20$ мкм.

Розраховуємо сумарну похибку відхилення розташування поверхні заготовки

$$\Delta \Sigma_{заг} = \sqrt{\Delta_e^2 + \Delta_{зм}^2}, \quad (2.4)$$

де $\Delta_e = 0,63$ – похибка заготовки за ексцентричністю, мм;

$\Delta_{зм} = 0,5$ – похибка по зміщенню, мм.

$$\Delta \Sigma_{заг} = \sqrt{630^2 + 500^2} = 804 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо залишкову похибку відхилення розташування після механічної обробки:

$$\Delta \Sigma_{зал} = k_y \cdot \Delta \Sigma_{заг}, \quad (2.5)$$

де $k_y = 0,06$ – коефіцієнт уточнення.

$$\Delta \Sigma_{зал} = 0,06 \cdot 804 = 48 \text{ (мкм)}.$$

Визначимо похибку встановлення на переході, що виконується

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_s^2}, \quad (2.6)$$

де $\varepsilon_{\theta} = 300$ – похибка базування, мкм;

$\varepsilon_s = 100$ – похибка закріплення, мкм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{300^2 + 100^2} = 320 \text{ (мкм)}.$$

$\varepsilon_{y_ч} = k_y \cdot \varepsilon_y + \varepsilon_{інд}$, $\varepsilon_{інд} = 50$ мкм (за паспортним обладнанням), тобто

$$\varepsilon_{y_ч} = 0,06 \cdot 320 + 50 = 70 \text{ (мкм)}.$$

Розраховуємо мінімальний припуск:

$$2Z_{i \min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta \Sigma_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] \quad (2.7)$$

- свердління:

$$2Z_{1 \min} = 2 \left[(200 + 250) + \sqrt{804^2 + 302^2} \right] = 2030 \text{ (мкм)};$$

- розточування:

$$2Z_{2\min} = 2\left[(40 + 50) + \sqrt{48^2 + 70^2}\right] = 350 \text{ (мкм)}.$$

Отримані дані заносимо до таблиці 2.5. Заповнюємо графу „Розрахунковий розмір”, починаючи з кінцевого (креслярського) розміру, послідовним відніманням мінімального припуску переходу:

$$D_{p2} = D_{\max} = 22,21 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = D_{p2} - 2Z_{2\min} = 22,21 - 0,35 = 21,86 \text{ (мм)};$$

$$D_{p\text{заг}} = D_{p1} - 2Z_{1\min} = 21,86 - 2,03 = 19,83 \text{ (мм)}.$$

Розраховуємо допуск заготовки:

$$TD_{\text{заг}} = H_{\text{пл}} + i_s + \kappa_y, \quad (2.8)$$

де $H_{\text{пл}} = 1000$ – елемент допуску, мкм;

$i_s = 500$ – елемент допуску на знос, мкм;

$\kappa_y = 120$ – коливання усадки, мкм.

$$TD_{\text{заг}} = 1000 + 500 + 120 = 1620 \text{ (мкм)}.$$

$$\text{Верхнє відхилення (+)} = 500 + \frac{120}{2} = 560 \text{ (мкм)}.$$

$$\text{Нижнє відхилення (-)} = 1000 + \frac{120}{2} = 1060 \text{ (мкм)}.$$

Допуски на інші переходи призначаємо для 14 квалітету точності. Заповнюємо графу „Граничні розміри”. При цьому максимальні розміри, округлені до точності переходу, приймаємо по розрахунковим розмірам, а мінімальні

значення – за максимальним, шляхом віднімання допуску кожного переходу та заносимо до таблиці 2.5.

Визначаємо граничні припуски за кожним переходом:

$$2Z_2^{np} \min = D_2 \max - D_1 \max = 22,21 - 21,86 = 0,35 \text{ (мм)} = 350 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_2^{np} \max = D_2 \min - D_1 \min = 22,00 - 21,34 = 0,66 \text{ (мм)} = 660 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_1^{np} \min = D_1 \max - D_{заг} \max = 21,86 - 19,83 = 2,03 \text{ (мм)} = 2030 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_1^{np} \max = D_1 \min - D_{заг} \min = 21,34 - 18,21 = 3,13 \text{ (мм)} = 3130 \text{ (мкм)}.$$

Знаходимо загальні граничні припуски:

$$2Z_0^{np} \min = \sum 2Z_0^{np} \min = 350 + 2030 = 2380 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_0^{np} \max = \sum 2Z_0^{np} \max = 660 + 3130 = 3790 \text{ (мкм)}.$$

Розраховуємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{0ном} = 2Z_0^{np} \min + B_{заг} - B_0 = 2380 + 560 - 210 = 2730 \text{ (мкм)}.$$

Знаходимо номінальний розмір заготовки:

$$D_3^{ном} = D_0^{ном} - 2Z_{0ном} = 22 - 2,730 = 19,27 \text{ (мм)}.$$

Виконуємо перевірку достовірності проведених розрахунків:

$$2Z_2^{np} \max - 2Z_2^{np} \min = TD_1 - TD_2. \quad (2.9)$$

$$660 - 350 = 520 - 210 ; 310 = 310 .$$

$$2Z_1^{np} \max - 2Z_1^{np} \min = TD_{заг} - TD_1. \quad (2.10)$$

$$3130 - 2030 = 1620 - 520 ; 1100 = 1100 .$$

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 $\varnothing 22H12^{(+0,21)}$ мм

Технологічні переходи при обробці	Елементи припуску, мкм				Номинальний розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, D_p , мм	Допуск, TD , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	$R_{z\ i-1}$	h_{i-1}	$\Delta \Sigma_{i-1}$	ε_{yi}				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}^{пр.}$	$2Z_{\max}^{пр.}$

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{заг.} - \delta_{дет.} \quad (2.4)$$

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

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\text{max}} - 2 \cdot z_{\text{min}} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.5)$$

$$3790 - 2380 = 1620 - 210;$$

$$1410 = 1410.$$

Отже, припуски та міжопераційні розміри розраховано вірно. Будуємо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\phi 22H12^{+0,21}$ на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку отвору $\phi 22H12^{+0,21}$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки корпусу розробляємо конструкцію затискного пристосування для вертикально-свердильної операції 020 для свердління отвору $\varnothing 14,6^{+0,19}_{-0,05}$, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].

Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки корпусу

Пристосування (рисунок 3.1) складається з гвинта 1, основи 2, стійки 3, планки 5, корпусу 6, планки 7, що відкидається, двох колонок 8, осі 9, пальця 10, шпильки 11, пластини 12 та деякої кількості стандартних виробів (див. специфікацію до складального).

Принцип роботи затискного пристосування наступний.

Корпус крану надівається на палець 10, спирається торцем на пластину 12, а бічною поверхнею торкається призми 4. Палець 10 і пластина 12 розташовані на осі 9, яка фіксується за допомогою двох болтів 18, гайок 26 та шайб 28 на столі вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н125.

Потім деталь накривається планкою 5, що обертається навколо осі 9, і фіксується гайкою 25, а також відкидною планкою 7. У свою чергу, остання жорстко поєднана гвинтами 20 із двома колонками 8. За допомогою п'яти 27, що з'єднана двома штифтами 29 із гвинтом 1, здійснюється механічне притискання оброблюваної деталі до призми 4. Таким чином, затягуючи гвинт 1 ми усуваємо можливість кутового зміщення деталі під час свердління отвору. В планці 5 розташовується кондукторна втулка 24, призначена для орієнтації різального інструмента, та усунення можливості його зміщення. Всі рухомі частини пристосування повинні рухатись вільно без заїдань.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Під час визначення зусилля затиску використовуємо літературні джерела [12, 36, 38, 39].

Затискання деталі в пристосування здійснюється за допомогою гвинта 1 та п'яти 27 (рисунок 3.1). Затискання та відкріплення деталі необхідно виконувати із мінімальною витратою сил та часу. Як відомо, при використанні ручного різбового затискача зусилля прикладене до рукоятки не повинно перевищувати 200 Н. Перевіримо це, попередньо визначивши величину загального зусилля затиску деталі.

Корпус зовнішньою циліндричною поверхнею встановлений у призмі з кутом 90° і затиснутий силою W (рисунок 3.2). Повороту деталі навколо вісі протидіють сили тертя.

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для визначення зусилля затиску

Рівняння рівноваги має наступний вид

$$KM = Wf_1r + Wf_2r \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right), \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт запасу (для чорнових операцій $K = 2,6$);

M – момент, що виникає при свердлінні, Н·м;

W – зусилля затиску деталі, Н;

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя (приймаємо 0,1);

r – відстань від осі деталі до призми, м.

З рівняння (3.1) виразимо зусилля затиску W

$$W = \frac{KM}{f_1r + \frac{f_2r}{\sin \frac{\alpha}{2}}}. \quad (3.2)$$

Момент при свердлінні визначаємо за формулою:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.3)$$

де C_p , C_M , q , y – коефіцієнти довідникові;

$k_p = 1$ (при обробці алюмінію);

D – діаметр отвору, мм.

У нашому випадку маємо, що

$$M = 10 \cdot 0,01 \cdot 14,5^2 \cdot 0,65^{0,8} \cdot 1 = 14,9 \text{ (Н·м)}.$$

Отже, маємо зусилля затиску

$$W = \frac{2,6 \cdot 14,9}{0,1 \cdot 0,16 + \frac{0,1 \cdot 0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}}} = 1002,9 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів гвинтового затискача

Сила, з якою затискають корпус крану під час виконання операції 020 (свердління отвору $\varnothing 14,5$), залежить від довжини рукоятки та величини прикладеного зусилля, форми затискного торця та виду різьби. Сила, прикладена на кінці рукоятки:

$$Q = \frac{W r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}{l}, \quad (3.4)$$

де W – необхідна сила затиску, Н;

l – відстань від осі гвинта до точки прикладання сили Q ($l \approx 14d$, де d – номінальний зовнішній діаметр різьби, м);

r_{cp} – середній радіус різьби гвинта, м;

$\alpha = 2^\circ 30' - 3^\circ 30'$ – кут підйому витка різьби;

φ_{np} – приведений кут тертя в різьбовій парі: $tg \varphi_{np} = \frac{f}{\cos \beta} = \frac{0,1}{\cos 120^\circ} = 0,2$;

f – коефіцієнт тертя;

$\beta \approx 120^\circ$ – кут між дотичними поверхні гвинта.

Отже, маємо величину зусилля, яке необхідно прикласти до рукоятки:

$$Q = \frac{1002,9 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot tg(3^\circ + 11,31^\circ)}{14 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 18,27 \text{ (Н)}.$$

3.4 Розрахунок слабкої ланки

Перевіримо відповідність виконавчого діаметра гвинта, що затискає корпус, умові міцності. Відповідно до конструктивних міркувань діаметр гвинта прийнятий 8 мм.

Визначимо його мінімальний діаметр, враховуючи умову міцності

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5[\sigma]_p}}, \quad (3.5)$$

де W – необхідна сила затиску, Н

$[\sigma]_p$ – допустиме напруження на розтяг, МПа.

Отже, маємо

$$d = \sqrt{\frac{1002,9}{0,5 \cdot 157 \cdot 10^6}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}, \text{ тобто } 4 \text{ мм}.$$

Міцність різьбового з'єднання забезпечена.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки корпусу крану: литво у кокіль та литво у піщані форми [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена литвом у піщані форми:

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

де Q_d – маса деталі, кг ($Q_d = 0,19$ кг);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу ($k_i = 0,6$ – при литві у піщані форми, $k_i = 0,75$ – при литві у кокіль).

$$Q_{\text{заг}} = \frac{0,19}{0,6} = 0,32 \text{ кг}.$$

При отриманні деталі литвом у кокіль, маса заготовки буде становити:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_d}{k_i} = \frac{0,19}{0,7} = 0,27 \text{ кг}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість литої заготовки у піщані форми [5, 30, 49]:

$$S_{\text{заг}} = \frac{65000}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M, \quad (4.2)$$

де 85000 грн. – вартість однієї тони відливок 3-го класу точності [1];

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

$K_T, K_{II}, K_B, K_C, K_M$ – коефіцієнти точності, програми випуску, маси, групи складності, матеріалу, що дорівнюють відповідно 1,05; 1,18; 0,88; 1,11; 1,09 [4, 34].

Підставивши значення у формулу, отримаємо

$$S_{заг} = \frac{85000}{1000} \cdot 0,32 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 = 35,9 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо собівартість при литві у кокіль:

$$S_{литва} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.3)$$

де C_i – базова вартість літ заготовок, отриманих литвом у кокіль;

$K_T, K_{II}, K_B, K_C, K_M$ – коефіцієнти відповідно точності, програми випуску, маси виливка, групи складності, матеріалу, що становлять відповідно 1,3; 1,08; 0,88; 1,11; 1,09 за [4, 34].

Отже,

$$S = \left(\frac{85000}{1000} \cdot 0,27 \cdot 1,3 \cdot 1,08 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 \right) - (0,27 - 0,19) \frac{20000}{1000} = 32,7 \text{ (грн.)}$$

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

$$E = (35,9 - 32,7) \cdot 600 = 1920 \text{ грн.}$$

Остаточно приймаємо спосіб виготовлення виливка деталі – литво у кокіль.

4.2 Розрахунок штучного освітлення

Необхідно розрахувати кількість ламп для освітлення цеху розміром 42×36 м і висотою 10 м із коефіцієнтом відбиття для стелі $\chi_1 = 70\%$, для стін $\chi_2 = 50\%$ методом коефіцієнта використання світлового потоку. Висота робочої поверхні над підлогою $h_p = 0,8$ м, висота підвішування світильника під стелею $h_c = 0,6$ м, тип ламп Б220 [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розрахункова висота підвішування світильника

$$h = H - h_p - h_c, \quad (4.4)$$

$$h = 10 - 0.8 - 0.6 = 8.6 \text{ (м)}.$$

2. Визначення індексу приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4.5)$$

$$i = \frac{42 \cdot 36}{8.6 \cdot (42 + 36)} = 0.21$$

3. Розрахунок необхідної кількості ламп, шт.:

$$n = \frac{E_n \cdot k \cdot A \cdot B \cdot z}{\Phi \cdot \eta}, \quad (4.6)$$

де E_n – нормативна освітленість, $E_n = 200$ лк;

k – коефіцієнт запасу на запилення, $k = 1,5$;

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

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta = 0,58$;

Φ – світловий потік однієї лампи.

$$n = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 42 \cdot 36 \cdot 1,15}{13100 \cdot 0,58} = 68,7 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо 70 шт. Отже, для освітлення приміщення цеху приймаємо 70 ламп розжарювання Б220.

4.3 Способи переробки відходів

На даний час розроблена достатня кількість способів переробки відходів. Методи очищення (внезараження, знешкодження) відходів застосовують з давніх-давен.

1. За допомогою різноманітних технічних рішень осажденний мул видаляється з відстійників та складається на спеціальних полігонах або звалищах.

2. Очищення за допомогою полив зрошення, тобто спускання стічних вод на спеціально підготовлені поля, де вони просочуються через піщаний ґрунт, відфільтровуються та висвітлюються.

3. Хімічне очищення стічних вод за допомогою різного роду освітлювачів (вапняк, солі заліза та алюмінію).

4. Після відкриття можливості ефективного використання біологічного («живого») мулу почалася розробка сучасних технологій, заснованих на поверненні біологічного мулу до нової порції стічних вод, а не повне видалення його з процесу.

5. Застосування фізико-хімічних методів очищення промислових стічних вод від конкретних речовин, що видаляються: нейтралізація небезпечних компонентів; їх флокуляція та осадження; пом'якшення стічних вод; механічне очищення (шкребками) та перегонка; адсорбція, іонний обмін, екстракція; зворотній осмос та ультрафільтрація; видалення аміаку (біологічний метод; фізико-хімічний метод); окислювальне очищення стічних вод (спалювання, вологе окислення).

Основними напрямками переробки осаду стічних вод, мулів та забруднених ґрунтів у наш час є:

- біологічна обробка осадів та обробка окисленням;
- зневоднення, сушіння та згущення осадів; використання хімічних реагентів та додаткових присадкових матеріалів у цьому виді обробки;
- спеціальні способи обробки осадів (термічна обробка; заморожування; піроліз).

Таким чином, переробка відходів є цілком екологічною альтернативою звичайному захороненню відходів, а також відкриває перспективи вторинного використання матеріалів та ресурсозбереження.

Полтавський державний аграрний університет

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення крану гальмівного вантажівки. Проведено аналіз деталі, що є складовою крану, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно заміника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Вибрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу крана. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\phi 22H12^{+0,21}$ розрахунково-аналітичним методом, наведено їх графічне зображення.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки свердлінням корпусу крана. Здійснено розрахунок зусилля затиску, а також параметрів гвинтового затискача. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу крана. Річний економічний ефект для програми випуску 600 шт. склав 1920 грн. Здійснено розрахунок штучного освітлення. Окрім того, визначено основні способи переробки відходів.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик крану гальмівного, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик пристосування для виконання свердлильної операції на металорізальному верстаті.