

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Розподільний кран системи живлення двигуна КрАЗ»

КРБ.133ГМбз_21[1].02.00.00.000 ПЗ

Виконала: здобувачка вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбз_21[1]
КУЦЬ Світлана

Керівник: докт. техн. наук, професор
САЙЧУК Олександр

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Система живлення двигуна КраЗ містить різні вузли та механізми. Усі вони призначені для стабільного забезпечення двигуна повітрям та паливом. З паливного баку, а їх два (лівий, правий), через фільтр грубого очищення паливо подається насосом та нагнітається (через фільтр тонкого очищення) до головки насосу високого тиску. Відповідно до порядку роботи двигуна, з насосу чітко дозовані порції палива нагнітаються під високим тиском за допомогою паливопроводів до форсунок [5-7].

Надлишки палива з насосу високого тиску відводяться назад до паливного баку за допомогою розподільного крану (рисунок). Решта призначений саме як для подачі палива до магістралі, так і зливання його надлишків назад у баки [13].

Пробка, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною розподільного крану системи живлення двигуна КраЗ.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є розподільний кран, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення пробки, 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 застосовуються 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 затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки пробки, а також здійснити розрахунок захисного запуску промислового обладнання,

розглянути проблему впливу відпрацьованих газів на довкілля, запропонувати шляхи зменшення,

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Розподільний кран (рисунок 1.1) призначений для подачі палива до магістралі двигуна КраЗ, а також зливання з неї залишків палива, використовуючи паливні баки.

Розподільний кран системи живлення встановлюється на правому боці автомобілю КраЗ (рисунок 1.1, таблиця 1.1). До порожнини А під'єднується паливозабірник. У пробці 1 виконано два канали: верхній для всмоктувальної магістралі та нижній для зливної магістралі. Канали з'єднують паливні магістралі з лівим або правим паливним баком. Пелющення пробки змінюється ручкою 2, яка може знаходитися на рости літери Л (літери розміщені на корпусі крану) – увімкнено лівий бак від нього потрапляє до порожнини Г, верхній отвір пробки 1 і далі до паливної магістралі.

Рисунок 1.1 – Розподільний кран

При залишках палива в паливній магістралі через нижній отвір в пробці 1 і порожнину Д воно зливається в лівий бак. При розташуванні ручки 2 напроти літери П – увімкнений лівий бак і паливо від нього через порожнини А, В та верхній отвір у пробці надходить до паливної магістралі, при надлишках зливається до правого баку через нижній отвір пробки 1 та порожнини Б, А. При розташуванні ручки 2 навпроти літери З – баки відключені, порожнини Б, В, Г, Д герметизуються ущільнювальною втулкою 3.

Розподільний кран кріпиться безпосередньо на паливному баці автомобілю КраЗ. Кріплення крана здійснюється за допомогою болтів до лонжерону рами. У місці встановлення крану повинно бути достатньо місця для зручності користування ним.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика розподільного крану

№ з п.	Найменування параметра	Значення
1	Робочий тиск, не більше, МПа	0,1
2	Тип крану	Пробковий
3	Приєднувальні різьби	М16×1,5
4	Температурний інтервал, °С	-45...+60
5	Маса, кг	1,8

Розподільний кран може бути використаний у складі автопоїзду-зерновозу КраЗ-6511С4-500 «Караван». Даний транспортний засіб призначений для транспортування, механізованого вивантаження сипких вантажів, літома маса яких становить 0,4...0,85 т/м³ (рисунок 1.2, таблиця 1.2). Транспортування можливо здійснювати ґрунтовими дорогами та доріжками, що мають тверде покриття.

Рисунок 1.2 – Автопоїзд-зерновоз КрАЗ-6511С4-500 «Караван»

Таблиця 1.2 – Стисла технічна характеристика автопоїзду-зерновозу КрАЗ-6511С4-500 «Караван».

№ з.п.	Найменування параметра	Значення
1	Вантажопідйомність автомобіля, т	20
2	Вантажопідйомність причепа, т	26,4
3	Об'єм платформи автомобіля, м ³	35
4	Об'єм платформи причепа, м ³	40
5	Повна маса автопоїзду, т	46,4

Деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі буде пробка, зображена на рисунку 1.3.

Рисунок 1.3 – Пробка

Пробка виготовлена із алюмінієвого сплаву АК5М2 за ДСТУ 2839-94 [16, 36].

1.2 Аналіз параметрів точності

За результатами проведення аналізу точності пробки (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.3 [17, 22, 47, 48]. До неї заносимо відомості про основні відповідні параметри

Таблиця 1.3 – Параметри точності пробки

№ пов.	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	R _a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Горіць	92±0,1	±IT14/2	-	-	6,3
2	Циліндрична	Ø12 (-0,27)	h13	-	-	12,5
3	Конічна	Ø25 (-0.15)	h11	-	-	3,2
4	Конічна	Ø18,5	d10	-	-	3,2
5	Отвір	Ø8	h14	-	-	12,5

Провівши аналіз параметрів точності деталей можна зробити висновок, що взагалі вимоги до точності деталі та її поверхонь не завищені. Вони цілком відповідають службовому призначенню поверхонь. Найточніший квалітет 10, найнижча шорсткість поверхонь 3,2 мкм за параметром R_a.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Пробка, що входить до складу крану розподільного, виготовлена із алюмінієвого сплаву марки АК5М2 за ДСТУ 2839-94 [7, 34, 36]. Це сплав на основі системи Al-Si-Cu. Сплав має високу жаростійкість (робоча температура до 270°C) та пониженою корозійністю.

Фізичні, механічні та технологічні властивості сплаву (таблиця 1.4) наступні: $\sigma_{зг} = 196$ МПа, $\delta = 1,5$ %, $НВ = 68,6$, $\gamma = 2,67$ г/см³, температура плавлення – 700...760°C.

У якості матеріалу-замінника пропонується сплав АК6, що має близькі властивості (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Хімічний склад і властивості матеріалу пробки

Алюмінієвий сплав	МПа $\sigma_{в}$	Твердість НВ× 10^{-1} , МПа	Масова частка хімічних елементів, %							
			Fe	Si	Mn	Ni	Al	Cu	Mg	Zn
АК5М2	206	65-75	до 1,3	4-6	0,2-0,6	до 0,5	86-94	1,5-5,5	0,2-0,8	до 1,5
АК6	290	95-100	до 0,7	0,7-1,2	0,4-0,8	0,1	93,3-96,7	1,8-2,6	0,4-0,8	до 0,3

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у кранах розподільних системи живлення двигуна КрА3 у кількості 400 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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

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

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

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

$$N_{\text{зан}} = (400 + 0,04 \cdot 400) \cdot (1 + 0,025) = 426 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Здійснено аналіз технологічності за рядом критеріїв, наведених у джерелі [2].

Сама конструкція крана розподільного є не дуже складною. Він складається із незначної кількості деталей. У даному вузлі мало застосовано стандартних виробів (лише болти, шайби). Але конструкція дозволяє проводити складання без особливих труднощів.

Точність виготовлення деталей виключає підійні операції. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів вузол досить легко розбирається.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися у вузлі, оброблені досить точно, з точки зору точності та визначеності базування. Конструкція дає можливість проводити складання вузла без проміжних складань та розбирання частин, що мають таку конструкцію, яка забезпечує задану точність розташування їх у крані розподільному.

Загалом конструкцію крану розподільного можна вважати технологічною і придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технічних вимог.

Під час аналізу креслення пробки нами було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Повні результати аналізу на технологічність пробки наведені у таблиці 2.1.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу пробки:

$$K_M = m/M, \quad (2.1)$$

де m – маса деталі, кг;

M – маса заготовки, кг.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності пробки

№ з.п.	Назва деталі	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	Пробка	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Так, технологічно	-
2		Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	-
3		Наявність глухих отворів?	Ні, технологічно	-
4		Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	-
5		Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	-
6		Чи є скоси або пази під кутом, що відрізняється від 45°?	Ні, технологічно	-
7		Чи є неперпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
8		Чи є великі перепади діаметрів даної деталі?	Так, не технологічно	Особливості конструкції

Отже, маємо наступне значення

$$K_M^{np} = 0,07 / 0,082 = 0,85.$$

Після проведення аналізу технологічності пробки для виготовлення за умов дрібносерійного виробництва можна зробити висновок: пробка має досить технологічну конструкцію за більшістю показників. Усі її поверхні доступні для обробки різальним інструментом, надають можливість до вимірювання.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу крана розподільного пропонується використовувати литво в піщано-глиняні форми. У машинобудуванні цим методом виготовляється близько 75...80% виливків (за масою). Цей метод литва дозволяє отримувати заготовки складної форми, конфігурації та з різними отворами.

Використання прогресивного різального інструмента дозволяє зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному застосуванню при охолодженні зони різання.

У діючому технологічному процесі для обробки та контролю поверхонь деталі застосовуються універсальні пристосування та різальні інструменти. Це збільшує час обробки та контролю. Нами запропоновано використовувати спеціальний вимірювальний та різальний інструменти.

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:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_i} \cdot \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.2)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

L – 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:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.3)$$

Можливі методи обробки усіх поверхонь обробки подані у таблиці 2.2.

Таблиця 1.2 – Можливі варіанти технологічних методів обробки поверхонь

проби

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, σ_g , мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, σ_3 , мм	Квалітет	Загальне уточнення $\varepsilon_{заг} = \sigma_3 / \sigma_g$	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, δ_i , мм	Приведений коефіцієнт уточнення $\varepsilon_i = \delta_i / \delta_i$	Загальне уточнення $\varepsilon = \sum \varepsilon_i$
							Номер маршруту,	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$2 \times 30^\circ$	12	$\pm 0,215$	3,2	-	-	-	1	1. Точити фаску $5,4 \pm 1,0$.	16	2,0	1	
								2. Точити фаску $3,8 \pm 1,0$.	16	2,0	1	
								3. Точити фаску $2,8 \pm 1,0$.	14	2,0	1	4,7
								4. Точити фаску $2,0 \pm 0,215$.	12	0,43	4,7	
$\phi 8$	14	$+0,26$	12,5	-	-	-	1	1. Свердлити $\phi 8$.	14	0,36	1	1
92	14	$-0,87$	12,5	2,6	16	2,3	1	1. Точити $165 \pm 1,0$.	16	2,0	1	
								2. Точити 93h14.	14	0,87	2,5	2,3
								3. Фрезерувати 92h14.	14	0,87	1	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
φ25,2	11	-0,13	3,2	0,7	16	1,6	1	1. Точити φ26. 2. Точити φ25,2.		0,26 0,13	2 1	2

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування та призначених металорізальних верстатів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки пробки

Номер та назва операції	Зміст операції (за переходами)	Обладнання
1	2	3
005	Вилити, зачистити заготовку.	Ливарні форми.
010	1 Встановити, зивірити, закріпити та зняти деталь. 2 Підрізати торець. 3 Точити фаску у розміри 4 Точити конічну поверхню.	Токарно-револьверний 1К341.
015	1. Встановити, зивірити, закріпити та зняти деталь. 2. Точити поверхню. 3. Точити поверхню з утворенням фаски. 4. Нарізати різьбу.	Токарно-револьверний 1К341.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
020	1 Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. 2 Свердлити послідовно 4 отвори.	Вертикально-свердильний 2Н135.
025	1 Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. 2 Точити конус деталі.	Алмазно-розточувальний ОС 3449.
030	1 Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. 2 Фрезерувати лиску.	Горизонтально-фрезерний 6Р81
035	1 Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. 2 Фрезерувати поверхню.	Горизонтально-фрезерний 6Р81.
040	1 Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. 2 Гострі крайки притупити.	Верстак слюсарний .
045	Промити деталь та продути стисненим повітрям.	Машина для миття.
050	Контролювати якість виготовлення пробки відповідно до робочого креслення.	Стіл РТК

2.5 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 корпусу $\varnothing 28_{H9}^{(+0,52)}$ мм.

Розрахунковий припуск при обробці внутрішньої циліндричної поверхні визначається:

$$2z_{i \max} = D_{i \min} - D_{i-1 \min}; \quad (2.4)$$

$$2z_{i \min} = D_{i \max} - D_{i-1 \max}; \quad (2.5)$$

де $2z_{i \max}$, $2z_{i \min}$ – максимальний та мінімальний припуск на діаметр відповідно;

$D_{i \min}$, $D_{i \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на переході, що виконується відповідно;

$D_{i-1 \min}$, $D_{i-1 \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на попередньому переході відповідно.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.6)$$

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

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.7)$$

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 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці отвору $\varnothing 28H9$

Технол. перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. прип. $2Z_{\min}$ мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Доп. δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	r	ε				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Сверд-ління	20	50	225	148	21870	26,52	536	26,52	26,74	4654	4924
Розгор-тання чорн.	6,3	8	61	8	2198	27,68	180	27,68	27,92	398	586
Розгор-тання чист.	3,2	5	30	8	2105	28,03	42	28,03	28,025	218	254
Усього	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5270	5764

Зробимо перевірку розрахунків:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = \delta_3 - \delta_g \quad (2.8)$$

$$5764 - 5270 = 536 - 42;$$

Припуски розраховані вірно.

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці корпусу Ø28H9.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на Ø28H9

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками. Отримані результати по всіх поверхнях заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Припуски та допуски на поверхні пробки

Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5
Торець L=105±0.5	Чорнове точіння.	2	12	±0,5
Фаска L=4±1,0	Чорнове точіння.	2,5	12	±1
Конус Ø25,2h11	1 Чорнове точіння.	1,5	10	±0,05
	2 Напівчистове точіння.	1	9	±0,03
	3 Чистове точіння.	0,5	8	±0,01
Циліндр Ø12 _{0,27}	1. Чорнове точіння.	3	10	±0,05
	2 Чистове точіння.	1	9	±0,03
Отвір Ø8	Свердління.	2	14	±0,1
Лиска 10h11	Фрезерування чорнове.	2	13	-0,22

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення пробки на операції 020 механічної обробки (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне:

1 – корпус; 2 – притискач; 3 – кришка; 4 – втулка різьбова;
5, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20 – гвинт; 6 – кришка; 7 – фіксатор; 8, 9, 11, 12 – втулка;
10 – прокладка; 14 – рукоятка; 21 – гайка; 22, 23, 24, 25 – штифт

Це пристосування призначено для послідовного свердління чотирьох отворів $\phi 8$ мм у пробці на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н125. Заготовка встановлюється у пристосування. Рукоятку 14 повертають за часовою стрілкою до упору (заготовка впирається у фіксатор 7 притискачем 2) та затискається гайкою 21 у кришці 6. Для уникнення осьового відхилення, заготовку затискають за допомогою трьох гвинтів 17. Вони фіксуються відповідно трьома гвинтами 16.

Дане пристосування дає змогу досить швидко та точно виконати свердління чотирьох перпендикулярних отворів у пробці

Після свердління двох отворів з одного боку заготовки, пристосування разом із заготовкою за рукоятку 14 повертають за годинниковою стрілкою на 90° і свердлять наступні два отвори.

Складальне креслення пристосування подане у графічній частині роботи.

3.2 Визначення зусилля затискання

Так як основний затиск припадає на гвинт позиції 13, то розрахуємо потрібну силу його затискання. Розрахуємо силу, прикладену на ключі [3, 14, 26, 41]:

$$Q = (W \cdot (r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{rp}) + 0.33 \cdot f \cdot (D_n^3 - D_e^3 / D_n^2 - D_e^2))) / l. \quad (3.1)$$

Момент гід сили Q , прикладений на ключі, розраховуємо за наступною формулою:

$$M_Q = Q \cdot l. \quad (3.2)$$

Сила затиску визначається за формулою:

$$W = Ql / (r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{rp}) + 0.33 \cdot f \cdot (D_n^3 - D_e^3 / D_n^2 - D_e^2)), \quad (3.3)$$

де $Q = 140 \dots 200$ Н – сила на ключі, різьбового затиску, прикладена робітником, Н;

W – сила записку деталі, Н;

l – відстань від вісі гвинта до точки прикладання сили Q , мм;

r_{sp} – середній радіус різьби гвинта, мм;

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

$\varphi_{np} = 6^{\circ}40'$ – приведений кут тертя в різьбовій парі;

$f = 0,1 \dots 0,15$ – коефіцієнт тертя при контакті двох спряжених деталей.

Визначимо відстань від вісі болта до точки прикладання сили за формулою:

$$l = 11 \cdot d, \quad (3.4)$$

$$l = 11 \cdot 10 = 110 \text{ (мм)}.$$

Момент від сили Q за формулою (3.2).

$$M_0 = 150 \cdot 0,110 = 16,5 \text{ (Н·м)}.$$

Визначаємо силу записку за формулою (3.3):

$$W = \frac{16,5 \cdot 110}{5 \cdot \operatorname{tg}(2,8 + 6,4) + 0,33 \cdot 0,12 \cdot \left(\frac{10^2 - 8,08^2}{10^2 - 8,08^2} \right)} = 1344 \text{ (Н)}.$$

Окрім цього розрахуємо режимні параметри при свердлінняні отвору $\phi 8$ мм у пробці із застосуванням [9]. Матеріал свердла – сталь Р6М5.

Визначимо глибину різання t та призначимо подачу S :

$$t = 8/2 = 4 \text{ мм};$$

$$S = 0,25 \text{ (мм/об)}.$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{2v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}} \quad (3.5)$$

де D , S і t – діаметр отвору, подача і глибина різання відповідно;

$C_v = 28,1$ – поправковий коефіцієнт;

v , m , x , y – показники степеня, маємо відповідно 0,25; 0,125; 0; 0,4;

T – необхідний період стійкості інструмента. Для свердла Ø8мм, $T = 20$ хв.

K_v – загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, де:

$K_m = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі;

$K_i = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує глибину матеріалу інструмента;

$K_z = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує відношення глибини отвору та діаметра;

$K_f = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує заточку інструмента.

Тоді

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Підраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{28,1 \cdot 8^{0,25} \cdot 1}{20^{0,125} \cdot 4^0 \cdot 0,25^{0,4}} = 38,3 \text{ (м/хв)}.$$

Розраховуємо крутий момент при свердлінні за формулою.

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S \cdot K_m \quad (3.6)$$

де C_m – коефіцієнт, що дорівнює 0,012,

q , x , y – показники степеня: $q = 2,0$; $x = 0$; $y = 0,8$.

$K_m = K_m \cdot K_z \cdot K_f$ – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання,

$K_m = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі;

$K_s = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан ріжучих кромки інструмента;

$K_\phi = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує заточку інструмента.

Тоді

$$K_m = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Крутний момент дорівнює:

$$M_{kr} = 10 \cdot 0,012 \cdot 8^{2,0} \cdot 4^0 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,0 = 2,5 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Осьова сила при свердлінні

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.7)$$

де C_p – коефіцієнт, що дорівнює 31,5;

q, x, y – показники степеня: $q = 1,0; x = 0; y = 0,8$

$K_p = 1$ – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Отже, підставивши значення у вираз (3.7), маємо:

$$P_o = 10 \cdot 31,5 \cdot 8^{1,0} \cdot 1 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,0 = 831 \text{ (Н)}.$$

Як бачимо, осьова сила різання (831 Н) при свердлінні менше від зусилля затиску (1344 Н).

3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

Розрахунок виконаємо для різьби гвинта, поз. 18, що здійснює затискання пробки. Розрахунок на міцність здійснюється формулою:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot Q_{max}}{F_{min}} \leq [\sigma_p], \quad (3.8)$$

де Q_{\max} – максимальна сила затиску, Н, визначена за формулою (3.3):

$[\sigma_p] = 200$ МПа – допустиме напруження на розтяг;

F_{\min} – площа поперечного перерізу гвинта М10 (внутрішній діаметр 8,08 мм);

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8,08^2}{4} = 51,2 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Тоді величина діючого напруження становитиме:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 1344}{51,2} = 105 \text{ (МПа)};$$

$$105 < 200$$

Отже, робимо висновок, що міцність є достатньою.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну і ту ж деталь можна виготовляти із заготовок, отриманих різними способами. Одним з основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечує їх максимальне наближення до готової деталі. Розроблення технологічного процесу виготовлення заготовки повинно здійснюватися на основі технічного й економічного принципу. Із декількох можливих варіантів технологічних процесів при інших рівних умовах вибирають найбільш економічний, при однаковій економіці – найбільш продуктивний.

Заготовки для пробки крана розподільного доцільно виготовляти методом литва. Розглянемо декілька методів литва, а саме у піщані форми та в кокіл.

Литво в піщані форми – найбільш поширений метод. У машинобудуванні цим методом виготовляється 75...80% відливок. У піщаних формах можна отримати відливки найбільш складної конфігурації і масою від декількох грам до декількох тонн. Отримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення заготовок мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, ніж заготовок, одержаних іншими методами литва.

Литво в піщані форми потребує значних затрат на метал. Цей метод найчастіше використовують в одиничному та серійному виробництві. Застосовувати його в крупносерійному виробництві можна тільки при високому ступені механізації.

Литво в кокіл – найбільш дешевий серед спеціальних методів литва. Його основна особливість полягає у багатократному використанні металевої форми – кокілю. Стійкість чавунних кокілів при виготовленні чавунного литва становить 400...6000 відливок, а з алюмінію – 600...9000 відливок з одного кокілю. Кокілі

дозволяють отримувати заготовки зі стабільними і точними розмірами (до 12 квалітету). У зв'язку з великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості відливка (отримується дрібна структура) на 10...15%, але у той же час ускладнюється отримання заготовок із тонкими стінками. При переході з піщаного литва на кокіль, витрати матеріалу зменшуються на 10...20% через скорочення литникової системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5...2 рази.

Разом із тим необхідно враховувати, що самі кокілі коштують досить дорого, а також у них можливо виготовляти заготовки досить простої конфігурації, можливе їх короблення через значні усадочні і термічні напруження.

Литво в кокіль доцільно застосовувати в умовах серійного і крупносерійного виробництва при отриманні з кожної форми не менш ніж 300...500 виливків.

Заміна литва в піщані форми на литво в кокіль при досить великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30%, підвищує продуктивність праці у 4...6 разів. Витрати на організацію дільниці литва в кокіль при цьому окупається за 2...3 місяці [8, 31, 49].

Собівартість заготовки, виготовленої литвом, можна розрахувати за формулою [7]:

$$C_g = 0,001 \cdot [C_{\text{бг}} \cdot G_g \cdot K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}} - (G_g - G_0) \cdot C_{\text{ах}}], \quad (4.1)$$

де $C_g, C_{\text{бг}}$ – ціна виливка та базова ціна однієї тонни виливків, виготовлених із базового матеріалу, з базовою точністю та складністю виливка, грн;

$C_{\text{ах}}$ – ціна тонни металевих відходів, грн.;

G_g, G_0 – маса відповідно виливка та деталі, кг;

$K_{\text{тв}}, K_{\text{св}}, K_{\text{мв}}, K_{\text{пмв}}, K_{\text{ст}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної точності виливка марки матеріалу, програми річного замовлення (групи серійності) та маси виливка й відносного потоншення основних

стінок виливка порівняно з базовою товщиною. Значення базової ціни виливків згаданих коефіцієнтів приймаємо відповідно до [7].

Укрупнено масу виливка можна визначити за формулою:

$$G_s = \frac{G_0}{k_{в.м.}}, \quad (4.2)$$

де $G_0 = 0,07$ – маса готової деталі, кг;

$k_{в.м.}$ – середній коефіцієнт використання металу, який відповідає даному методу виготовлення ([7]); для виливків, отриманих литвом у піщано-глиняні форми, $k_{в.м.} = 0,7$, а для литва у кокіль – $k_{в.м.} = 0,85$.

Тоді маса виливка становить:

– піщано-глиняні форми:

$$G_{в.пщ.-гл.ф.} = \frac{0,07}{0,7} = 0,1 \text{ (кг)},$$

– кокіль:

$$G_{кок} = \frac{0,07}{0,85} = 0,082 \text{ кг.}$$

Базова ціна однієї тони виливок за [1] $C_{об} = 60000$ грн., ціна тонни відходів $C_{ох} = 20000$ грн.; $K_{тв} = 1,88$, $K_{св} = 0,85$, $K_{мв} = 0,85$, $K_{пмв} = 0,81$, $K_{ст} = 1,0$ (литво у піщано-глиняні форми); $K_{тв} = 1,6$, $K_{св} = 0,8$, $K_{мв} = 0,8$, $K_{пмв} = 0,75$, $K_{ст} = 1,0$ (литво у кокіль).

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-глиняні форми:

$$C_{в.пщ.-гл.ф.} = 0,001 \cdot (60000 \cdot 0,1 \cdot 1,88 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,81 \cdot 1,0 - (0,1 - 0,07) \cdot 20000) = 6,0 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у кокіль:

$$C_{\text{кок}} = 0,001 \cdot (60000 \cdot 0,1 \cdot 1,6 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,0 - (0,082 - 0,07) \cdot 20000) = 4,4 \text{ (грн.)}$$

Із проведених розрахунків видно, що собівартість виливка, отриманого литвом у піщано-глиняні форми вища на 1,36 грн., ніж у кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для пробки:

$$E = (6,0 - 4,4) \cdot 400 = 544 \text{ (грн.)}$$

4.2 Розрахунок занулення електроприводу металорізального верстату

Задача захисного занулення полягає у запобіганні небезпеки ураження електричним струмом внаслідок пошкодження ізоляції та появи на корпусних частинах обладнання напруги, небезпечної для життя людини. Здійснимо розрахунок занулення електричного приводу металорізального верстата відповідно до положень [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

При пробі на корпус у ланцюгові виникає великий струм короткого замикання $I_{\text{кз}}$, що забезпечує швидке перегорання плавких вставок за 5...6 с або відключення пошкоджених фаз автоматичними пристроями, що реагують на струм за 1...2 с.

Для надійного спрацювання захисту необхідне виконання умови:

$$I_{\text{кз}} \geq 3I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}}, \quad (4.3)$$

де $3I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}}$ – номінальний струм плавкої вставки.

Або

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25I_{\text{авт}}^{\text{н}}, \quad (4.4)$$

де $I_{\text{авт}}^{\text{н}}$ – номінальний струм задіяного автомату.

Розрахуємо систему захисного занулення при потужності трансформатора 700 кВт, схема обмоток трансформатора – зірочка, серії 1К, $U = 380$ В, $n = 2000$ хв¹, тип обладнання – 1К62.

Перевіримо умову забезпечення занулюючого відключення за формулою:

$$I_{кз} \neq U_{\phi} / (Z_m / 3 + Z_n) \quad (4.5)$$

де U_{ϕ} – фазова напруга, В;

Z_m – опір трансформатора, Ом;

Z_n – опір вузла фаза – нуль

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_i)^2} \quad (4.6)$$

де R_{ϕ} , R_n – активний опір фазного і нульового провідників, Ом;

X_n , X_{ϕ} – внутрішній індуктивний опір фазного і нульового провідників, Ом;

X_i – зовнішній індуктивний опір вузла фаза-нуль, Ом.

$$I_{ел.дв.}^n = P \cdot 1000 / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \alpha \quad (4.7)$$

де P – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

U_n – номінальна напруга, В;

$\cos \alpha$ – коефіцієнт потужності.

$$I_{ел.дв.}^n = 11 \cdot 1000 / \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 = 18,5 \text{ (А)}$$

Опір провідників із кольорових металів знаходиться за формулою:

$$R = \rho \cdot l / S \quad (4.8)$$

де ρ – опір провідника (для алюмінію $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$);

l – довжина провідника ($l_\phi = 30 \text{ м}$, $l_n = 30 \text{ м}$).

Значення X_n і X_ϕ дуже малі (близько 0,0156) і, як правило, ними нехтують.

$$R_\phi = R_n = 0,028 \cdot 30/80 = 0,0105 \text{ (Ом)}.$$

Розрахуємо пускову силу струму:

$$I_{\text{ел.дв.}}^{\text{пуск.}} = 7,5 \cdot 18,5 = 138,75 \text{ (А)}.$$

Обчислимо номінальну силу струму плавкої вставки

$$I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}} = I_{\text{ел.дв.}}^{\text{пуск}} / \alpha, \quad (4.9)$$

де $\alpha = 2 \dots 2,5$ – коефіцієнт режиму роботи, застосовується для двигунів із частим включенням.

$$I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}} = 138,75 / 2 = 69,4 \text{ (А)}.$$

Визначаємо очікуване значення струму короткого замикання за (4.3):

$$I_{\text{кз}} = 3 \cdot 69,4 = 208,1 \text{ (А)}$$

Знаючи товщину нульового і фазного дроту ($20 \times 4 \text{ мм}$), розраховуємо густину струму:

$$\delta = I_{\text{кз}} / S; \quad (4.10)$$

$$\delta = 208,1 / (20 \times 4) = 2,6 \text{ (А/мм}^2\text{)}.$$

Розрахуємо активний опір фазного і нульового дроту за формулами:

$$R_{\phi} = r \cdot l_{\phi}; \quad (4.11)$$

$$R_n = r \cdot l_n; \quad (4.12)$$

$$R_{\phi} = 2,97 \cdot 0,03 = 0,09 \text{ (Ом)};$$

$$R_n = 2,97 \cdot 0,03 = 0,09 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо внутрішній індуктивний опір фазного і нульового провідників X_{ϕ} і X_n .

$$X_{\phi} = X_{\omega} \cdot l_{\phi}; \quad (4.13)$$

$$X_n = X_{\omega} \cdot l_n; \quad (4.14)$$

де l – довжина провідника, км.

$$X_{\phi} = 1,78 \cdot 0,03 = 0,053 \text{ (Ом)};$$

$$X_n = 1,78 \cdot 0,03 = 0,053 \text{ (Ом)}$$

Зовнішній індуктивний опір вузла фаза - нуль $X_i = 0,6 \text{ Ом/км}$. Довжина вузла фаза-нуль $30 \times 30 = 60 \text{ м} = 0,06 \text{ км}$, тоді

$$X_i = 0,6 \cdot 0,06 = 0,036 \text{ (Ом)}$$

Використовуючи отримані дані, розрахуємо Z_{Σ} і визначимо струм короткого замикання.

За формулою (4.6):

$$Z_n = \sqrt{(0,09 + 0,09)^2 + (0,053 + 0,053 + 0,036)^2} = 0,229 \text{ (Ом)}.$$

Струм короткого замикання визначимо за формулою (4.5):

$$I_{кз} = 380 / (0,129 \cdot 3 + 0,229) = 1397 \text{ (А)}.$$

Перевіримо умову надійного спрацювання захисту за (4.3):

$$1397 > 3 \cdot 69,4.$$

Струм $I_{кз}$ більш ніж у три рази перевищує номінальний струм плавкої вставки, тому при замиканні на корпус плавка вставка перегорить за 5...7 с та відключить пошкоджену фазу. По номінальним струмом із [10] приймаємо плавку вставку серії ПН2-100 із номінальним струмом 60 А при напрузі 380 В.

4.3 Вплив відпрацьованих газів на довкілля, шляхи зменшення

Вихлені гази, що є результатом роботи двигунів внутрішнього згорання чинять прямий та довготривалий вплив на довкілля. Поряд із їх виділенням до атмосфери потрапляє широченний спектр газів, твердих частинок тощо. Усе це викликає глобальне потепління, кислотні дощі та завдає шкоди як здоров'ю людини так і навколишньому середовищу. Окрім цього, шум від двигуна, витоки палива також спричиняють забруднення довкілля.

Що стосується глобального потепління, то автомобілі викидають до атмосфери вуглекислий газ, інші парникові газі. Це становить 1/5 загального обсягу забруднення за результатами глобального потепління. Ці газі утримують в атмосфері тепло, як наслідок, – маємо підвищення температури. А це суттєво

впливає на ведення сільського господарства, природі, рівні світового океану, а також природних ландшафтах. Окрім цього, закис азоту призводить до зменшення озонового шару, основним призначенням якого є захист нашої планети від ультрафіолетового сонячного випромінювання. Двоокис сірки та азоту при змішуванні із дощовою водою створюють так звані кислотні дощі. Такі дощі завдають суттєвої шкоди сільськогосподарським культурам, будівлям, різним іншим видам рослинності. Розлите паливо із автомобіля потрапляє до ґрунту поблизу доріг, паливо та тверді частинки викидів транспортних засобів забруднюють водойми. Тверді частинки, вуглеводні, окис вуглецю також завдають шкоди людському організму. Дизельні двигуни викидають значну кількість твердих частинок. Вони перебувають у повітрі та являють собою частинки металу і сажі, викликають подразнення шкіри, очей, алергічні реакції. Особливо дрібні частинки накопичуються у легенях та викликають проблеми із диханням.

Вуглеводні вступають у реакцію із двоокисом азоту та сонячним світлом. У результаті цього утворюється озон. Він є шкідливим на низьких висотах та корисний на високих. Озон викликає подразнення у легенях, викликаючи біль у легенях, кашель та ускладнює дихання.

Окис вуглецю є особливо небезпечним для дітей та осіб, що страждають на захворювання серця. Він заважає крові переносити кисень. Інші автомобільні забруднювачі такі: діоксид сірки, бензол, формальдегід.

Окрім цього, шум працюючого транспортного засобу призводить до пошкодження органів слуху, а також може викликати психологічні розлади.

Незважаючи на вище перераховані моменти, існує декілька способів зменшення шкідливого впливу транспортних засобів на довкілля. По перше, це перехід на сучасні автомобілі, обладнані електричними та гібридними двигунами. По друге, належне технічне обслуговування. По третє, максимальна економія палива. Вона полягає у пересуванні зі стабільною середньою швидкістю без різких прискорень та гальмувань, підтримці належного рівня тиску в шинах та використання прогресивних систем очищення вихлопних газів (каталізатори).

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення крану розподільного, що застосовується у складі системи живлення двигуна автомобілю КрАЗ. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності пробки крану. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь пробки. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів отвору корпусу $\varnothing 28H9$ мм розрахунково-аналітичним методом. На поверхні пробки припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки свердління отворів $\varnothing 8$ у пробці. Здійснено розрахунки зусилля затиску, а також слабкої ланки на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки пробки розподільного крану системи живлення двигуна КрАЗ. Річний економічний ефект для програми випуску 400 шт. склав 544 грн. Проведено розрахунки закреного занулення для виробничого обладнання. Визначено вплив відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання автомобілів на довкілля, а також запропоновано шляхи його зменшення.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик крану розподільного системи живлення двигуна КрАЗ, робочі кресленики пробки, корпусу, кресленик заготовки пробки, а також складальний кресленик затискного механічного пристосування для виконання операції свердління.