

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Організація виробництва кришки
нерегульованого шестеренного насосу»

КРБ.133ГМбд_31[2].10.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
РЕВА Михайло

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПЕТРАШ Олександр

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Як відомо, шестеренний насос із зовнішнім зачепленням працює за рахунок того, що ведуча шестірня знаходиться у постійному зачепленні із веденою та призводить її до обертального руху. При обертанні зубчастих коліс (шестерень) насосу у протилежні сторони у порожнині всмоктування зубці, виходячи із зачеплення, створюють вакуум. Таким чином, шестеренні насоси являють собою гідравлічні насоси і застосовуються для перетворення механічної енергії у гідравлічний потік.

Саме тому розробка та удосконалення деталей апаратури гідравлічних систем, що входять до складу транспортних засобів перевезення продукції сільськогосподарського виробництва, є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме кришка, є складовою частиною нерегульованого шестеренного насосу, що забезпечує належне функціонування опрокидувального механізму транспортних засобів.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є нерегульований шестеренний насос гідроапаратури зернового, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення кришки, 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 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 та табличним способом;

- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри силового приводу;

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

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У даній кваліфікаційній роботі на розгляд виноситься нерегульований масляний насос шестеренного типу (див. графічну частину) до гідроапаратури зернового КрАЗ (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Зерновоз КрАЗ

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу шестеренного

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1	Робочий тиск	МПа	16
2	Частота обертання шестерень	об/хв.	200...800
3	Робоча рідина	-	Масило І20А
3	Маса	кг	25,6
4	Габаритні розміри	мм	360×310×300

Масляний насос шестеренного типу нерегульований належить до елементів гідроапаратури. Він встановлюється на розподільчій головці та закріплюється на спільних з нею шпильках. Корпус насоса відлитий із чавуну, шестерні насоса – прямозубі сталі.

Ширина шестерень – 70 мм, кількість зубців – 14, модуль – 6,3 мм, кут зачеплення – 20° , коефіцієнт коригування – 0,5. Шестерні закріплені на валиках за допомогою сегментних шпонок. Ведуча шестерня позбавлена можливості поздовжнього зсуву за допомогою штифта. З обох торців шестерні опираються на шліфовані прокладки із високовуглецевої сталі 65Г. Вони запобігають спрацюванню корпусу насоса.

Із переднього торця шестерні закриті чавунною кришкою, закріпленою болтами до корпусу насоса. Положення кришки на корпусі орієнтується двома встановлювальними штифтами. Між корпусом насоса та кришкою встановлена паперова прокладка, змащена ущільнювальною пастою. Валики шестерень обертаються на чотирьох роликів підшипниках, розташованих у кришці та корпусі насоса. Передній кінець валика ведучої шестерні проходить через кришку насоса і ущільнений сальником з пенькової набивки.

У середині корпусу насоса зроблені литі канали, які можуть перекриватись у трьох різних комбінаціях краном керування насосом. У залежності від положення крану може змінюватися напрям циркуляції масла у циліндрах.

Кран являє собою сталеву циліндричну коробку із хвостовиком, у якій просвердлені під кутом шість перпендикулярних отворів. Кран розміщений у корпусі насоса, у центрі між отворами для шпильок кріплення насоса, і закритий чавунною кришкою. У кришці крану встановлений сальник із пенькової набивки для ущільнення хвостовика крану.

На хвостовику крану встановлений важіль, який системою важелів з'єднаний із рукояткою, розташованою у кабіні водія автомобіля. За допомогою цієї рукоятки можна з місця водія переводити кран у три різні положення: "нейтральне", "піднімання", "опускання". Фіксатор положення крану встановлений на корпусі насоса.

У корпусі насосу також розташований кульовий зворотній клапан. Його призначення – пропускати потік масла від шестерень насосу до передньої порожнини гідроциліндрів і не пропускати його у зворотному напрямі, коли кран керування насосом стоїть у положенні «нейтральне». У корпусі також встановлені дві пробки із конічною різьбою.

Масляний насос шестеренного типу опрокидувального механізму працює за доволі складних умов роботи. По-перше, це великі вібрації та нерівномірність швидкості обертання шестерень. Але напрям обертання – постійний, отже внутрішні навантаження мають постійний знак. Для запобігання відгвинчування болтів насосу встановлюються стопорні шайби. По-друге, насос працює на відкритому повітрі. Тому він повинен бути повністю герметичним, щоб до нього не потрапляв бруд.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є кришка (рисунок 1.2, графічна частина).

Кришка належить до типу деталей «фланці». Складається власне з фланця, що має вісім отворів $\varnothing 15$ мм, через які за допомогою болтів закріплюється на корпусі насосу. Два отвори $\varnothing 12H7$ мм фланця кришки виконані для встановлення штифтів, які фіксують положення кришки на корпусі насосу. Два різьбових отвори $M14 \times 1,5-7H$ передбачені для демонтажу кришки з корпусу насосу за допомогою двох болтів.

Дві поверхні $\varnothing 50^{+0,027}$ мм – для встановлення голчастих підшипників, у яких обертаються ведений та ведучий вали насосу. Канавки шириною 3 мм та $\varnothing 40$ мм служать для встановлення ущільнюючого гумового кільця. Отвір $\varnothing 8,5$ мм під кутом 54° передбачений для подачі масла в потовщення ведучого валу насосу.

Кришка виготовлена з сірого чавуну СЧ18 литвом, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних ускладнень при отриманні заготовки.

Рисунок 1.2 – Кришка

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Кришка» заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2), у 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 «Кришка»

Номер поверхні	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість Ra, мкм
1	Отвір	$\varnothing 15+0,018$	H12	–	$\oplus R0,2 M$	6,3
2	Отвір	$\varnothing 11^{+0,059}_{+0,032}$	E8	–	–	3,2
3	Різьбовий отвір	M14×1,5	7H	–	–	3,2
4	Отвір	$\varnothing 47+0,62$	H9	–	$\odot 0,01 D$	3,2
5	Фаска	1×20°	12	–	–	3,2
6	Отвір	$\varnothing 47,5+0,25$	H12	–	–	6,3
7	Торець	8,4+0,25	12	–	–	12,5
8	Площина	78	12	$\sphericalangle 0,05/100$	$\perp 0,05/45$	1,6
9	Проточка	$\varnothing 49,5+0,34$	H12	–	–	12,5
10	Фаска	2×45°	12	–	–	12,5
11	Отвір	$\varnothing 50+0,025$	H7	–	$\perp 0,05/45$	1,6
12	Проточка	$\varnothing 40$	H12	–	–	12,5
13	Отвір	$\varnothing 30,35+0,25$	H12	–	–	6,3
14	Торець	46	12	–	–	6,3

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір мають

поверхні отворів за 7 квалітетом. Найнижча шорсткість у площини за значенням Ra 1,6 мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Марка матеріалу для виготовлення кришки визначається службовим призначенням і умовами роботи насосу. При цьому необхідно врахувати вплив властивостей матеріалу на такі конструктивні параметри, як міцність і жорсткість конструкції, вібростійкість, зносостійкість окремих поверхонь, габарити і масу деталі.

Кришка масляного насосу виготовляється з чавуну марки СЧ 20 ДСТУ 8833:2019 [24, 37]. При відносно невисокій вартості він володіє гарними ливарними властивостями, що дозволяє одержувати виливки складної конфігурації. Сірий чавун добре обробляється і має непогані фізико-механічні властивості, які можна змінювати в необхідному напрямку за допомогою модифікації і термічного оброблення. Виливки із сірого чавуну володіють високою циклічною в'язкістю, що сприяє демпфуванню коливань у процесі експлуатації компресора. Для чавунних корпусних деталей як метод одержання заготовки найбільш широко використовується литво у піщані форми. СЧ 20 з пластинчастим графітом має перлітну структуру із густиною 7,0-7,3 г/см³.

Для зняття внутрішніх напружень, підвищення в'язкості і стабільності розмірів деталей необхідна операція низькотемпературного відпалювання (нагрівання до 500...600°C зі швидкістю 50...150°C/год, витримка протягом 2,5...5 год. і охолодження до 250...300°C зі швидкістю 30...50°C/год).

Хімічний склад і властивості матеріалу приведені нижче у таблиці 1.3. Також в цій таблиці наведено марку, хімічний склад і властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу кришки

Чавун	σ_b , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			С	Si	Mn	Не більше	
						P	S
СЧ 20	196	170-241	3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ 18	176	170-241	3,4-3,6	1,9-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в кришці насосу шестеренчастого у кількості 190 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.

$$N_{зан} = (190 + 0,04 \cdot 190) \cdot (1 + 0,025) = 203 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – дрібносерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція масляного насоса, який розглядається, являється не дуже складною. Він складається із відносно невеликої кількості деталей. У даному виробі досить широко застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та ін.), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного насоса, конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих ускладнень. Точність виготовлення деталей практично виключає підгоночні операції. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів насос досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова насоса дозволяє проводити його складання повузловим методом. Регулювання та контроль роботи також проводиться без розбирання. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечують задану точність розташування їх у маслосистемі, де буде використовуватися розроблюваний насос.

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів. Якщо вузол за яким-небудь параметрами не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) вжити заходів із поліпшення конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності. Наочно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

Коефіцієнт стандартизації:

$$C_m = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.1)$$

де n – загальна кількість деталей,

N_{cm} – кількість стандартних деталей.

$$Cm = \frac{12}{22} = 0,55 .$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$Y = \frac{N_{yn}}{n} , \quad (2.2)$$

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$Y = \frac{8}{22} = 0,36 .$$

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться із метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість нестандартизованих та унікальних трудомістких деталей [23].

Отже конструкція даного вузла є технологічною та придатною для виготовлення, застосування та експлуатації.

Технологічність конструкції кришки суттєво впливає на технологічність процесу виготовлення даної деталі. Ця деталь повністю відпрацьована для виготовлення за умов дрібносерійного виробництва, оскільки витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невисокі з економією матеріалу. Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність кришки

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільний підвід різального інструменту.	Цей показник технологічності являється задовільним. Заготовка має зручні технологічні бази.	–
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її встановлення за допомогою простих пристосувань.	Деталь має помірно складну геометричну форму, отже цей показник являється задовільним.	–
3	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Дана деталь повністю відповідає даній вимозі технологічності.	–
4	В багатоопераційних верстатах з ЧПК не рекомендується обробка кутів відмінних від 45 та 90 градусів.	Наявний отвір під кутом 53°.	Обробка даної поверхні забезпечується верстатною базою

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	Для можливості автоматичної обробки корпусних деталей край небажано застосовувати різьбові отвори менші М6.	В даній кришці застосовуються різьби від М14, а отже дана вимога повністю виконується.	–
6	Наявність зручних технологічних баз для орієнтації та закріплення.	Базування по площинах фланців – технологічно.	–
7	Можливість встановлення і закріплення простими пристосуваннями.	Закріплення у пристосуванні с прихватами – технологічно.	–
8	Можливість оброблення отворів на прохід.	Вимога виконується.	–
9	Довжина розточного інструменту повинна бути менше 350 мм.	Максимальна довжина оброблюваного отвору 78 мм – технологічно.	–
10	Наявність внутрішніх канавок.	Канавки наявні, але їх обробка можлива із застосуванням нескладних пристосувань – технологічно.	–

Розглянувши таблицю 2.1, можна зробити висновки, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва. Усі основні технологічні вимоги є забезпеченими.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При використанні універсальних верстатів у діючому технологічному процесі застосовувався звичайний різальний інструмент.

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

У діючому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади, що збільшує час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Нами запропоновано використовувати спеціалізований вимірювальний та контрольний інструмент.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – 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:

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

У складі кришки можна виділити наступні поверхні:

головні отвори $\varnothing 50$ (пов. 11 за рисунок 1.2) – квалітет точності 7-й, шорсткість Ra 1,6 мкм;

отвори під штифти $\varnothing 10E8$ (пов. 2);

площина роз'єму (пов. 8) – шорсткість Ra 1,6 мкм, вимоги до площинності та відносного положення;

невідповідальні отвори (пов. 1)

кріпильні отвори з метричною різьбою (пов. 3);

фаски в отворах та канавки (пов. 5, 9).

Далі у таблиці 2.2 наведені можливі варіанти маршрутів оброблення поверхонь кришки у зв'язку з проведеною класифікацією (номер поверхні за рисунком 1.2).

Таблиця 2.2 – Можливі маршрути оброблення поверхонь кришки

№ поверхні	Квалітет	Допуск, мм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск заготовки δЗ, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути оброблення поверхонь		Квалітет після оброблення	Шорсткість Ra, мкм	Досягнутий допуск	Проміжний ступінь уточнення	Загальне уточнення ε
							№ маршруту	Перехід					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	14	0,2	20	1,2	15	6	1	Свердл.	14	20	0,5	2,4	6
								Розсвердлювання	12	10	0,2	2,5	
2	7	0,021	1,25	0,52	15	24,76	1	Свердл.	12	12,5	0,13	4,0	24,76
								Зенкерув.	9	3,2	0,052	2,5	
								Розверт.	7	1,25	0,021	2,48	
3	7	0,021	2,5	0,7	15	33,3	1	Свердл.	11	12,5	0,13	5,38	33,3
								Нарізання різьби мітчиком	6	3,2	0,021	6,19	
4,5, 6,10, 13	14	0,2	20	1,2	15	6	2	Чорнове розточ.	14	20	0,35	3,25	6,1
								Н/ч розточ.	11	12,5	0,29	2,17	
7,9, 12	14	0,16	20	1,0	15	6,25	1	Розточ.	14	20	0,16	6,25	6,25

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	0,1	2,0	1,6	15	16	1	Чорнове фрезерування	11	12,5	0,25	4,0	
								Чистове фрезерування	9	6,3	0,1	2,5	
								Шліфування	8	1,6	0,063	1,16	15,87
							2	Чорнове фрезерування	11	12,5	0,25	4,0	
								Чорнове шліфування	9	6,3	0,1	2,5	
								Чистове шліфування	8	1,6	0,063	1,16	15,87
							3	Чорнове протягування	11	6,3	0,25	4,0	
								Чистове протягування	8	1,6	0,063	3,96	15,84
							11	7	0,04	1,6	1,15	15	28,75
	Н/ч розточ.	11	12,5	0,29	3,97								
	Чист. розточ.	9	3,2	0,115	2,52								
	Тонке розточування	7	1,6	0,04	2,87	28,71							
2	Свердління	13	20	0,35	4,25								
	Н/ч розточування	11	12,5	0,29	3,97								
	Чистове розточування	9	3,2	0,115	2,52								
	Шліфування	7	1,6	0,04	2,87	28,71							

2.4 Вибір схеми базування

Вибір технологічних баз та послідовності оброблення поверхонь заготовки є найбільш відповідальним етапом розроблення технологічного процесу. Правильність прийняття рішення на цьому етапі технологічного проектування визначає досягнення необхідної точності деталі у процесі її виготовлення та економічність технологічного процесу.

a – підготовка технологічних баз для подальшої обробки

б – оброблення площини роз'єму та отворів

в – оброблення отвору з протилежного боку

Рисунок 2.1 – Базування кришки під час механічної обробки

Вибір схем базування ведемо згідно з послідовністю виконання технологічного процесу, дотримуючись принципів єдності та сталості баз, а також дотримуючись «Бази та базування в машинобудуванні».

На початку оброблення заготовка базується (див. рисунок 2.1, *a*) по фланцю (встановлювальна база, опорні точки 1, 2 та 3) та необробленій боковій площині (подвійна напрямна база, опорні точки 4, 5). Орієнтація заготовки здійснюється за допомогою опорної бази (опорна точка 6).

Під час подальшої обробки заготовка базується (див. рисунок 2.1, *б*) по необробленому отвору (подвійна напрямна база, опорні точки 4, 5), профрезерованій поверхні бобишок (встановлювальна база, опорні точки 1,2 та 3). Орієнтація заготовки здійснюється за допомогою опорної бази (опорна точка 6). На цій же операції оброблюються два технологічних отвори $\varnothing 10$ для встановлення і базування деталі на подальших операціях. Технологічні отвори ліквідуються під час свердління отворів під штифти.

При обробленні деталі на верстатах з ЧПК у гнучкому виробництві заготовка встановлюється на пристосуванні-супутнику і оброблення здійснюється з одного встановлення. Схема базування заготовки – по площині та двом отворам. В даному випадку встановлювальною базою є площина роз'єму (опорні точки 1,2 та 3), подвійною напрямною базою є отвір, встановлений на циліндричний палець (опорні точки 4,5), опорна база – технологічний отвір, встановлений на зрізаний палець (опорна точка 6).

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 $\varnothing 50H7$ мм.

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

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

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 2.3.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_3 - \delta_{Д}; \quad (2.7)$$

$$2117 - 1147 = 1000 - 30;$$

$$970 = 970.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці Ø50H7 мм

Технологічний перехід	Елементи припуску				Квалітет	Розрах. припуск, 2Z _{min} , мкм	Розрах. розмір D _p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R _z	h	Δ	ε					L _{min}	L _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	250	250	455	-	15	-	48,883	1000	47,883	48,883	-	-
Розточування чорнове	50	50	22,75	3	12	955,00989	49,838	400	49,438	49,838	955	1555
Розточування чистове	25	25	2,275	3	10	122,94695	49,961	50	49,936	49,986	148	498
Розточування тонке	5	5	-	3	7	53,765053	50,015	30	50,000	50,030	44	64
Загалом											1147	2117

На рисунку 2.2 наведено поле розташування допусків та виконавчі розміри.

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями. Отримані результати по усіх поверхнях заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Припуски та допуски на поверхні деталі «кришка», які механічно оброблюються

Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5
1. Площина фланців	Фрезер. чорнове	1,5	12	±0,37
	Фрезер. чистове	1,0	10	±0,2
	Шліфування	0,3	8	±0,05

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
2. Технологічні отвори	Свердління	9	11	$\pm 0,2$
	Зенкерування	1,9	9	$\pm 0,05$
	Розвертання	0,5	7	$\pm 0,021$
	Чистове фрезерування	0,26	10	$\pm 0,1$
3. Отвір $\varnothing 50$	Чорнове розточування	2,5	11	$\pm 0,69$
	Чистове розточування	0,4	9	$\pm 0,17$
4. Отвір $\varnothing 30,35$	Свердління	2,5	11	$\pm 0,69$
	Розсвердлювання	0,4	9	$\pm 0,17$
5. Отвори під штифти $\varnothing 10E8$	Свердління	1,6	12	$\pm 0,6$
	Зенкерування	0,25	10	$\pm 0,12$
	Розвертання	0,1	8	$\pm 0,05$

Рисунок 2.2 – Схема розташування припусків для отвору $\varnothing 50H7$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Під час обробки корпусних деталей (у нашому випадку – деталь «кришка») в умовах автоматизованого виробництва ми пропонуємо використовувати пристосування-супутники. При цьому для автоматичної орієнтації і закріплення супутника із заготовкою на верстаті застосовується спеціальне пристосування [12, 36, 38, 39].

Базування супутника в пристосуванні здійснюється в координатний кут (рисунок 3.1) за схемою $T = (\Delta z_1, \Delta z_2, \Delta z_3, \Delta y_4, \Delta y_5, \Delta x_6)$. Із проміжної позиції системи стикування супутник ланцюговим механізмом подається в робочу позицію пристосування і встановлюється на відстані:

- 1) 2 мм від базуючих поверхонь направляючої бази;
- 2) 5 мм від опорної бази (рисунок 3.1, а).

Рисунок 3.1 – Схема автоматичної орієнтації та закріплення супутника в пристосуванні

Точна орієнтація супутника в пристосуванні забезпечується спеціальним механізмом, що складається з автоматичного штовхача і клину, розташованого на бічній поверхні супутника. Оптимальне значення кута клину $\alpha=38^\circ$, при якому забезпечується гарантоване досилання до опорних точок направляючої й опорної баз, розраховано аналітично і перевірене експериментально. Орієнтація включає три фази. На першій фазі, коли супутник виставляється по установчій базі, віднімаються три ступені вільності (див. рисунок 3.1, а): $(\Delta z_1, \Delta z_2, \Delta z_3) \Rightarrow (c_y, \lambda_y, \beta_y)$. На другій фазі, коли супутник досилається до опорних поверхонь направляючої бази, віднімається ще два ступені вільності (рисунок 3.1, б) $(\Delta y_4, \Delta y_5) \Rightarrow (b_y, \gamma_y)$. На третій фазі при досиланні супутника до шостої опорної точки віднімається ступінь вільності, що залишився, $\Delta x_6 \Rightarrow a_y$.

Момент контакту в опорній точці 6 фіксується за допомогою електроконтактного датчика. При досягненні супутником необхідного положення відбувається його закріплення за допомогою чотирьох прихватів, що створюють зусилля у напрямку установчої бази.

Загальний вид пристосування і конструктивне виконання його основних вузлів показані на рисунку 3.2. Пристосування 1 закріплюється на поворотному столі 2 і попередньо вивіряється таким чином, щоб центр установлюваного супутника збігався із центром обертання столу. При подачі супутника 3 у пристосування затискні прихвати 4 вільно входять у бічні пази супутника.

Сила затиску прихватів створюється набором тарілчастих пружин 5. Керування силою затиску забезпечується за допомогою ексцентриків 6, установлених на валику 7, що у свою чергу, повертається на необхідний кут під дією гвинтових пружин 8. У пристосуванні маються два валики 7, кожний з яких розташовується під відповідною парою прихватів. Для розкріплення супутника валик повертають за допомогою двох електромеханічних головок. Поступальне переміщення шпинделя головки передається через шток 9 на важіль 10, у результаті відбувається поворот валика 7.

Рисунок 3.2 – Пристосування-супутник

При повороті валика ексцентрики 6 стискають пакети тарілчастих пружин 5, піднімаючи тим самим прихвати на 1,5...2 мм. Переміщення штовхальника 11, що забезпечує досилання супутника в координатний кут, здійснюється за допомогою електромеханічної голівки. Три електромеханічні голівки, що виконують роль силових механізмів пристосування, розташовуються за межами поворотного столу. Точність автоматичної установки супутника в пристосуванні по лінійних параметрах складає 0,01...0,015 мм, а по кутовим – у межах до 0,03/500.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Розрахуємо необхідну силу затискання при обробці нашої деталі «кришка» на операції фрезерно-свердлильній під час фрезерування площини. Складемо схему діючих сил і визначимо із неї силу, яка необхідна для затиску W (рисунок 3.3) [12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.3 – Розрахункова схема пристосування

На даній операції максимальна сила різання P_z при чорновому фрезеруванні верхньої площини деталі P_z намагається виштовхнути супутник із закріпленою заготовкою паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді ΣF_{iy} :

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

$F_{TP} = W \cdot f$, де f – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння прийме вигляд:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.2)$$

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f},$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$ – коефіцієнти запасу.

$K_0 = 1,15$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

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

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

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

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

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,0.$$

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^X \cdot S^y \cdot B^U \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_p, \quad (3.3)$$

де $t = 2,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,3$ мм/зуб – подача;

$B = 74$ мм – ширина фрезерування;

$z = 12$ – кількість зубів фрези;

$D = 100$ мм – діаметр фрези;

$n = 600$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

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

$C_p = 82,5$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $\omega = 0,2$ – коефіцієнт та показники степеню, які вибираються з таблиць.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 74^{1,1} \cdot 12}{100^{1,3} \cdot 600^{0,2}} \cdot 1,1 = 70,2 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{70,2 \cdot 2,0}{0,1} = 1404 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці підбирається комплект тарілчастих пружин (рисунок 3.4).

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W \cdot b}{4 \cdot a}, \quad (3.4)$$

де 4 – кількість прихватів у конструкції пристосування.

Звідки:

$$Q = \frac{1404 \cdot 0,18}{4 \cdot 0,06} = 1053 \text{ (Н)}.$$

Рисунок 3.4 – Розрахункова схема

За одержаним значенням Q підбираємо набір тарілчастих пружин із сумарною силою тиску 1053 Н.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки кришки для нерегульованого шестеренного насосу: литво у кокіль та литво в піщано-глинясті форми [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена литвом у піщано-глиняні форми:

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

де Q_d – маса деталі, кг ($Q_d = 6,21$ кг);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу ($k_i = 0,6$ – при литві у піщано-глиняні форми, $k_i = 0,7$ – при литві у кокіль).

$$Q_{заг} = \frac{6,21}{0,6} = 10,35 \text{ (кг)}.$$

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

$$Q_{заг} = \frac{Q_d}{k_i} = \frac{6,21}{0,7} = 8,87 \text{ (кг)}.$$

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

$$C_B = 0,001 [C_{бв} \cdot Q_{заг} \cdot K_{ТВ} \cdot K_{СВ} \cdot K_{МВ} \cdot K_{ПМВ} \cdot K_{ЛВ} - (Q_{заг} - Q_{дет}) C_{ВХ}], \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

$C_{\text{бв}}$ – базова вартість 1 т заготовок, $C_{\text{бв}}=75000$ грн. [1];

$C_{\text{вх}}$ – вартість 1т відходів, $C_{\text{вх}}=8000$ грн. [1].

Коефіцієнти за [4, 34]:

а) залежно від точності: $K_{\text{ТВ}}=1,03$;

б) залежно від маси виливка: $K_{\text{ПМВ}}=0,88$;

в) залежно від групи складності: $K_{\text{СВ}}=1,11$;

г) залежно від матеріалу: $K_{\text{МВ}}=1,09$;

д) залежно від програми випуску: $K_{\text{ПВ}}=1,08$.

Визначаємо собівартість при литві у піщано-глиняні форми:

$$C_{\text{в}}=0,001(75000 \cdot 10,35 \cdot 1,03 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 \cdot 1,08 - (10,35 - 6,21) \cdot 8000) = 886,3(\text{грн.})$$

Визначаємо собівартість при литві в кокіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(75000 \cdot 8,87 \cdot 1,03 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 \cdot 1,08 - (8,87 - 6,21) \cdot 8000) = 766,6 (\text{грн.}).$$

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:

$$E = (886,3 - 766,6) \cdot 190 = 22743 \text{ грн.}).$$

Остаточно приймаємо спосіб виготовлення виливка деталі – литво у кокіль.

4.2 Розрахунок заземлення електроприводу верстату

Проведемо розрахунок заземлення електроприводу верстату. У якості штучного заземлення застосовуємо сталеві прутки діаметром 30 мм і довжиною 3 м. Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода, використовуємо смугову сталь перетином 4×12 мм [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Визначаємо опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлення по формулі:

$$R_v = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l) \cdot (\ln(2 \cdot l / d) + 0,5 \ln((4 \cdot t + 1) / (4 \cdot t - 1))); \quad (4.3)$$

де l – довжина заземлення, м;
 d – діаметр прутка, приймаємо = 30 мм;
 t – глибина закладення половини заземлення, м;
 ρ - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м.

$$\rho = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi, \quad (4.4)$$

де $\rho_{\text{изм}}$ – питомий опір ґрунту $\rho_{\text{изм}} = 500$ Ом;
 ψ – коефіцієнт сезонності $\psi = 1,3$.

Підставляючи відомі величини у формулу (4.4), одержимо:

$$\rho = 500 \cdot 1,3 = 650 \text{ Ом/м.}$$

Визначимо глибину закладення половини заземлення, м, по формулі:

$$t = 0,5 \cdot l + t_0 \text{ м,} \quad (4.5)$$

де t_0 – відстань від поверхні землі до верхнього кінця заземлювача, приймаємо 0,5 м.

Підставляючи відомі величини у формулу (4.3), одержимо:

$$R_B = 650 / (2 \cdot 3,14 \cdot 3) \cdot (\ln(6/0,03) + 0,5 \ln(11/5)) = 196,3 \text{ Ом.}$$

Визначимо число заземлень по формулі:

$$n = R_B / (R_3 \cdot \eta) \text{ шт.}, \quad (4.6)$$

де R_3 – найбільший припустимий опір пристрою, що заземлює, Ом (η – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів без обліку впливу сполучної смуги 0,66 (електроди розміщені по контуру)).

Підставляючи відомі величини у формулу (4.6) одержимо:

$$n = 196,3 / (4 \cdot 0,66) = 74,36 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 75$ шт.

Визначимо опір розтіканню струму горизонтальної сполучної смуги, Ом:

$$R_n = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l_1) \cdot \ln(2 \cdot l_1^2 / (b \cdot t_1)); \quad (4.7)$$

де t_1 – глибина закладення смуги, м;

b – ширина смуги, м;

l_1 – довжина смуги, визначається як:

$$l_1 = 1,05 \cdot a \cdot n \quad (4.8)$$

де a – відстань між вертикальними заземленнями, м:

$$a = 3 \cdot 1 = 3 \cdot 3 = 9 \text{ (м)}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу одержимо:

$$l_1 = 1,05 \cdot 9 \cdot 64 = 604,8 \text{ м}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу (4.7), одержимо:

$$R_n = 650 / (2 \cdot 3,14 \cdot 604,8) \cdot \ln(2 \cdot 604,8^2 / (0,012 \cdot 3)) = 2,8 \text{ Ом}.$$

Визначимо опір розтіканню струму пристрою, що заземлює:

$$R_o = (R_B / n \cdot \eta) R_n \cdot \eta_r / (R_B / n \cdot \eta + R_n \cdot \eta_r) \text{ Ом}, \quad (4.9)$$

де η_r – коефіцієнт використання горизонтального смугового заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі, $\eta_r = 0,71$

Підставляючи відомі величини у формулу (4.9), одержимо:

$$R_o = (196,3 / 64 \cdot 0,66) \cdot 2,8 \cdot 0,71 / (196,3 / 64 \cdot 0,66 + 2,8 \cdot 0,71) = 1,4 \text{ Ом}.$$

Отже, R_o не перевищує припустимого опору захисного заземлення: $1,4 < 4$.

4.3 Екологічні проблеми інженерної екології

Головною екологічною проблемою інженерної екології є така організація виробництва, яка при його будівництві та експлуатації забезпечувала б мінімальні втрати неживої та живої природи. Тому основним завданням інженера-еколога є розробка сучасних технологій і технологічних екосистем, що забезпечують високі виробничі та екологічні показники. Це виробництво повинно забезпечувати: отримання продукції високої якості; високу екологічну безпеку; раціональне

використання сировини та енергії; підвищення продуктивності праці; повну переробку відходів. Для цього потрібні наступні інженерні рішення: розробка нових екологічно чистих, безвідходних та ресурсозберігаючих технологій; удосконалення методів знезараження техногенних викидів та створення замкнених виробничих циклів; розробка заходів із комплексного використання сировини.

Тому в основі інженерної екології полягає концепція безвідходної технології, що передбачає циклічність матеріальних потоків, що реалізована у природі, тобто суміщення технологічного та біогеохімічного кругообігу речовин.

Отже, основні напрямки інженерного захисту довкілля від забруднення та інших видів техногенних впливів – впровадження ресурсозберігаючих, безвідходних технологій, біотехнологій, утилізація та детоксикація відходів та головне – екологізація усього виробництва, що забезпечить включення усіх видів взаємодії із довкіллям у природні цикли кругообігу речовин.

Ці принципові напрямки засновані на циклічності матеріальних ресурсів та запозичені у природи, де діють замкнені циклічні процеси. Технологічні процеси, в яких повною мірою ураховується уся взаємодія із довкіллям та вжиті заходи до запобігання негативних впливів, називають екологізованими.

Подібно до будь-якої екологічної системи, де речовина і енергія витрачаються економно та відходи одних організмів слугують важливою умовою існування інших, виробничий екологізований процес, керований людиною, повинен дотримуватися біосферних законів, а також кругообігу речовин.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення вузла, винесеного на розгляд. Проведено аналіз деталі, що є складовою шестеренного насосу, а саме кришки. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь кришки. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\text{Ø}50\text{H}7$ мм розрахунково-аналітичним методом і табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки кришки. Здійснено розрахунок зусилля затиску, а також параметрів силового приводу.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки кришки насосу. Річний економічний ефект для програми випуску 190 шт. склав 22743 грн. Окрім того, здійснено розрахунок захисного заземлення електричного приводу металорізального верстату. Приділено увагу екологічним проблемам інженерної екології.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик нерегульованого шестеренного насосу, кресленик кришки, кресленик заготовки кришки, складальний кресленик пристосування для виконання операції механічної обробки фрезеруванням.