

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Технологічні особливості виготовлення кришки
шестеренного масляного насосу»

КРБ.133ГМбд_41.01.00.00.000 ПЗ

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

Керівник: докт. техн. наук, професор
ХАРЧЕНКО Сергій

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Шестеренний масляний насос – це тип насосу, що використовує пару шестерень для переміщення мастила або інших рідин. Такі насоси широко застосовуються у різних механізмах і транспортних засобах, особливо для подачі мастила в двигун або систему трансмісії. Вони ефективні, прості в конструкції та забезпечують стабільну подачу рідини.

Насос складається з двох шестерень – ведучої та веденої. Одна з шестерень рухається за допомогою зовнішнього джерела (наприклад, двигуна), а інша обертається за її рахунок. При обертанні шестерень між зубами створюються вакуумні зони, що захоплюють рідину (в даному випадку – мастило) і подають його в систему. Мастило проходить через насос і подається у потрібну точку системи, наприклад, двигун автомобіля.

Переваги шестеренних насосів такі:

- простота конструкції (не вимагають складного обслуговування та легко встановлюються);
- надійність (можуть працювати в умовах високого навантаження та при високих температурах);
- підходять для в'язких рідин (такі насоси ефективно перекачують мастило із високою в'язкістю).

Шестеренні насоси можуть використовуватися для різних типів рідин, у тому числі для подачі мастильних матеріалів, палива, а також у гідравлічних системах.

Саме тому розробка та удосконалення деталей шестеренних масляних насосів, що використовуються у механізмах та транспортних засобах на об'єктах сільськогосподарського виробництва для подачі рідин є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме кришка, є складовою шестеренного масляного насосу.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос масляний

шестеренний, 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 відомими методами;
- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також здійснити його основні розрахунки;
- 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 насос шестеренний масляний (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Насос шестеренний масляний

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1	Робочий тиск	МПа	16
2	Частота обертання шестерень	об/хв.	200...800
3	Робоча рідина	мастило	I20A
3	Габаритні розміри	мм	370×360×300
4	Маса	кг	25,6

Масляний насос шестеренного типу нерегульований, належить до гідроапаратури для вантажних автомобілів (наприклад, КрАЗ). Він встановлюється на розподільчій головці та закріплюється на спільних з нею шпильках. Корпус насоса відлитий з 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 шпонів. Ведуча шестерня позбавлена можливості поздовжнього зсуву за допомогою штифта. З обох торців шестерні опираються на шліфовані прокладки із високоуглецевої сталі 65Г. Вони запобігають спрацюванню корпусу насоса.

З 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 роликових підшипниках, розташованих у кришці та корпусі насоса. Передній кінець валика ведучої шестерні проходить через кришку насоса і ущільнений сальником.

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

Кран являє собою сталеву циліндричну коробку з 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 крана встановлений сальник із пенькової набивки для ущільнення хвостовика крана.

На хвостовику крана 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 крана встановлений на корпусі насоса.

У корпусі насоса також розташований кульбовий зворотній клапан. Його призначення – пропускати потік мастила від шестерень насоса 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 з конічною різьбою. Масляний насос шестеренного типу встановлений на розподільчій головці двигуна. Тому умови його роботи досить складні. По-перше, це великі вібрації та нерівномірність швидкості обертання шестерень. Але напрям обертання – постійний, отже внутрішні навантаження мають постійний знак. Для запобігання відгвинчування болтів насоса встановлюються стопорні шайби. По-друге, насос працює на відкритому повітрі. Тому він повинен бути повністю герметичним, щоб у нього не потрапляв бруд.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є кришка насоса шестеренного (рисунок 1.2).

Деталь "кришка" належить до типу «фланці». Складається власне з фланця, що має вісім отворів $\varnothing 15$ мм, через які за допомогою болтів закріплюється на корпусі насоса. Два отвори $\varnothing 12H7$ фланця кришки виконані для встановлення

штифтів, які фіксують положення кришки на корпусі насоса. Два різьбових отвори M14×1,5-7H передбачені для демонтажу кришки з корпусу насоса за допомогою двох болтів.

Рисунок 1.2 – Кришка

Дві поверхні $\varnothing 50^{+0,027}$ – для встановлення голчастих підшипників, у яких обертаються ведений та ведучий вали насоса. 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 вала насоса.

Кришка виготовлена з сірого чавуну СЧ20 литком, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних ускладнень при отриманні заготовки.

1.2 Аналіз параметрів точності

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

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	—	$\oplus R0,2 \text{ М}$	6,3
2	Отвір	$\varnothing 11^{+0,059}_{+0,032}$	F8	—	—	3,2
3	Різьбовий отвір	M14×1,5	7H	—	—	3,2
4	Отвір	$\varnothing 47+0,62$	H9	—	$\odot 0,01 \text{ Д}$	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	$\square 0,05/100$	$\perp 0,05/45$	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

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня, що виконується за 8 квалітетом. Найнижча шорсткість за значенням $Ra\ 1,6\ \mu m$. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

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

Кришка масляного насоса виготовляється з чавуну марки СЧ 20 [24, 37]. При відносно невисокій вартості він володіє належними 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 найбільше широко використовується литво в піщану форму. У зв'язку з тим, що на даний час за умов ринкових відносин тип виробництва – одиничне або дрібносерійне, то найбільш раціональним буде ручне формування.

У зв'язку з обробкою на багатоцільових верстатах необхідний виліток з граничними допустимим відхиленнями розмірів $\pm 1,0\ \text{мм}$ (для заготовок з габаритами до 500 мм). При литві у піщано-глиняні форми може бути отриманий виліток класу точності 7T, для якого допуски розмірів становлять 1,4 мм (при лінійних розмірах 200...450 мм). Клас точності маси виливка призначаємо 12. Таким чином, як заготовку кришки приймаємо виліток з точністю 7T 12.

СЧ 20 – сілий чавун з пластинчастим графітом має перлітну структуру з густиною 7000-7300 кг/м³.

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

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Чавун	σ_B , МПа	Твердість HB·10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	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

Як бачимо, механічні та хімічні властивості матеріалів схожі, тобто можуть бути взаємозамінними.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попиту ринку в країні масляного шестеренного насосу у кількості 250 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

$$N_{zan} = (250 + 0,04 \cdot 250) \cdot (1 + 0,025) = 267 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічність вузла – це характеристика, що описує зручність та ефективність виробництва, монтажу, експлуатації та обслуговування будь-якого компонента або вузла в рамках технічного пристрою, машини, споруди або системи. Вона включає безліч аспектів. Розглянемо основні з них.

Простота виробництва. Вузол повинен бути легко та економічно виготовлений, з мінімальними витратами на матеріали та трудовитрати.

Монтаж та складання. Вузол повинен бути зручним для складання, розбирання та встановлення, що знижує час та трудовитрати на його встановлення.

Експлуатація. Вузол повинен працювати ефективно та надійно в процесі експлуатації, забезпечуючи довговічність та мінімізацію обслуговування.

Обслуговування та ремонт придатність. Зручність доступу для діагностики, ремонту та заміни компонентів. Вузол повинен бути легко обслуговуватися, щоб мінімізувати витрати на технічне обслуговування.

Модульність. Можливість заміни або модернізації вузла без перевитрати ресурсів та часу.

Стійкість до навантажень та умов експлуатації. Вузол повинен бути міцним та функціональним за різних робочих умов, включаючи температурні коливання, вібрації, вологість та інші зовнішні впливи.

Технологічність вузла особливо важлива у машинобудуванні, де потрібне створення складних технічних систем з високим рівнем надійності та ефективності.

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

Коефіцієнт стандартизації:

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

де n – загальна кількість деталей,

N_{cm} – кількість стандартних деталей.

$$Cm = \frac{41}{64} = 0,69.$$

Коефіцієнт уніфікації:

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

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$Y = \frac{17}{64} = 0,27.$$

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

Конструкція масляного насоса, який розглядається, є не дуже складною. Він складається з незначної кількості деталей. У даному виробі досить широко застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та ін.), але частина деталей виготовляється безпосередньо для даного насоса, конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих ускладнень. Точність виготовлення деталей практично виключає підгоняльні 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 в 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 маселосистемі, де буде використовуватися розроблюваний насос.

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

Технологічність деталі – це сукупність характеристик деталі, що визначають її зручність та ефективність у процесі виробництва, складання та експлуатації. Це поняття включає наступні аспекти.

Простота виготовлення. Деталь має бути спроектована таким чином, щоб її було легко та економічно виробляти з мінімальними витратами на матеріали, час та працю. Це включає вибір таких методів виробництва, які вимагають мінімальної кількості операцій.

Економічність. Деталь має бути виготовлена з оптимальним використанням матеріалів та технологій, щоб не було зайвих витрат на сировину, енергію та робочу силу.

Простота складання. Деталь повинна бути зручною для збирання у складі більш складних вузлів або механізмів. Це означає, що вона повинна бути адаптована до існуючих методів та технологій складання.

Мінімізація дефектів. Процес її виробництва повинен мінімізувати ймовірність появи дефектів та забезпечувати стабільну якість.

Стійкість до навантажень та довговічність. Деталь повинна витримувати необхідні експлуатаційні навантаження та мати необхідний термін служби, причому її конструкція має бути оптимізована для цього.

Пристосовність до сучасних технологій. Деталь має бути спроектована з урахуванням нових виробничих технологій, таких як 3D-друк, автоматизація та роботизація виробництва.

Таким чином, технологічність деталі безпосередньо впливає на вартість виробництва, якість кінцевого продукту та ефективність всього процесу виготовлення.

Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
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.	–

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	В багатоопераційних верстатах з ЧПК не рекомендується обробка кутів в дмінних від 45 та 90 градусів.	Наявний отвір під кутом 53°.	Обробка даної поверхні забезпечується верстатною базою.
5	Для можливості автоматичної обробки корпусних деталей край небажано застосовувати різьбові отвори менші М6.	В даній кришці застосовуються різьби від М14, з 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	—

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
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 виготовленні заготовки кришки пропонується використовувати литво в земляні форми. Цей метод дозволяє отримувати заготовки досить точні і з малою шорсткістю поверхні (12 класитет, шорсткість $R_a = 20 \dots 10$ мкм). Це дозволяє зменшити об'єм чисних робіт, механічної обробки.

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 мистил та мінімальному їх використанню при охолодженні зони різання.

У діючому технологічному процесі, для контролю застосовуються універсальні пристрої, 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 деталей виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 24]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

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:

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

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки деталі

№ поверхні	Квалітет	Допуск, мкм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск заготовки δз, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення ε ≠ δз/δд	Можливі маршрути оброблення поверхонь		Квалітет після оброблення	Шорсткість Ra, мкм після обробки	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	Свердління	14	20	0,5	2,4	
								Розсвердлювання	12	16	0,2	2,5	6
2	7	0,021	1,25	0,52	15	24,76	1	Свердління	12	12,5	0,13	4,0	
								Зенкерування	9	3,2	0,052	2,5	
								Розвертання	7	1,25	0,021	2,48	24,76
3	7	0,021	2,5	0,7	15	33,3	1	Свердління	11	12,5	0,13	5,38	
								Нарізання різьби мітчиком	6	3,2	0,021	6,19	33,3
4,5, 6,10, 13	14	0,2	20	1,2	15	6	2	Чорнове розточування	14	20	0,35	3,25	
								Напівчистове розточування	11	12,5	0,29	2,17	6,1
7,9, 12	14	0,16	20	1,0	15	6,25	1	Розточування	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	15	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
Напівчистове розточування	11	12,5	0,29	3,97									
Чистове розточування	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								
	Напівчистове розточування	11	12,5	0,29	3,97								
	Чистове розточування	9	3,2	0,115	2,52								
	Шліфування гладетарне	7	1,6	0,04	2,87	28,71							

При формуванні маршруту обробки поверхонь валу керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст переходів оброблення
1	2	3
005 Заготівельна	Піч	Литво у піщано-глиняні (земляні) форми.
010 Термічна	Піч	Низькотемпературне відпалювання нагрівання до 500...600°C зі швидкістю 50...150°C/год., витримка на прогріті 2,5...5 год та охолодження до 250...300°C зі швидкістю 50...150°C/год.
015 Фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6P80	1. Фрезерувати площину бобишок начорно у розмір $25^{+0,25}$ мм. 2. Фрезерувати технологічні бази у розмір $63^{+0,5}$ та $81^{+0,5}$ мм.
020 Фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6P80	Фрезерувати площину роз'єму начорно у розмір $23^{+0,25}$ мм.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
025 Фрезерно-свердлильна	Фрезерно-свердлильно-розточувальний 2254BM-Ф4	Фрезерувати площину роз'єму начисто у розмір $79^{+0,5}$ мм. Свердлити 2 отвори у розмір $\varnothing 8,5^{+0,08}$ мм. Зенкерувати 2 отвори у розмір $\varnothing 9,5^{+0,05}$ мм. Розвернути 2 отвори у розмір $\varnothing 10^{+0,05}_{-0,032}$ мм. Свердлити 8 отворів у розмір $\varnothing 15^{+0,08}$. Розточити начорно два отвори, витримуючи розмір $\varnothing 48^{+0,1}$ мм. Розточити начисто два отвори, витримуючи розмір $\varnothing 49,5^{+0,05}$ мм. Тонко розточити два отвори, витримуючи розмір $\varnothing 50^{+0,025}$ мм.
030 Свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н135	Свердлити отвори $\varnothing 12^{+0,1}$ мм, $\varnothing 5^{+0,05}$ мм.
035 Свердлильна	Фрезерно-свердлильно-розточувальний 2254BM-Ф4	1. Свердлити 2 отвори $\varnothing 12,5^{+0,08}$ мм. 2. Нарізати різьбу в двох отворах М14×1,5-7Н. 3. Розточити начорно отвори у розміри $\varnothing 45^{+1,0}$ мм, $\varnothing 46^{+0,8}$ мм, $\varnothing 28,5^{+0,5}$ мм. 4. Точити канавки та зняти фаски. 5. Розточити начисто отвори у розміри $\varnothing 46^{+0,8}$ мм, $\varnothing 46,5^{+0,5}$ мм, $\varnothing 29,8^{+0,5}$ мм. 6. Тонко розточити отвори у розміри $\varnothing 47^{+0,62}$ мм, $\varnothing 47,5^{+0,25}$ мм, $\varnothing 30,3^{+0,25}$ мм.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
040 Плоско- шліфувальна	Плоско- Шліфувальний 3E711B	Шліфувати площину роз'єму начисто у розмір $78^{+0,25}$ мм.
045 Слюсарна	Верстак слюсарний	Зняти фаски. Притупити гострі крайки.
050 Мийна	Машина для миття	Промити деталь.
055 Контрольна	Стіл ВТК	Контролювати параметри точності відповідно до робочого кресленика.

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 проведемо 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, прямокутності) на попередньому переході;

δ_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 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці Ø50H7 мм

Технологічний перехід	Елементи припуску					Розрахунковий припуск 2Zmin, мкм	Розрахунковий розмір Dp, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	h	Δ	с	Квалітет				Lmin	Lmax	2Zmin	2Zmax
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	20	50,000	50,030	44	64
Загалом											1147	2117

Проводимо перевірку правильності розрахунку

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

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

$$970 = 970.$$

На рисунку 2.1 подано графічно поле розташування припусків і допусків на обробку розміру $\varnothing 50\text{H}7$ мм.

Рисунок 2.1 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку $\varnothing 50\text{H}7$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями. Результат подаємо у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски і допуски на поверхні деталі

Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск, мм
1. Площина фланців	Фрезерування чорнове	1,5	12	$\pm 0,37$
	Фрезерування чистове	1,0	10	$\pm 0,2$
	Шліфування	0,3	8	$\pm 0,05$
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	$\pm 0,05$

На інших поверхнях припуск знімається за один прохід.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування закріплюється на поворотному столі 2 і попередньо вивіряється таким чином, щоб центр установлюваного супутника збігався з 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 валуку 7, що у свою чергу, повертається на необхідний кут під дією гвинтових пружин 8. У пристосуванні маються два валики 7, кожен 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.

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 деталі

Розрахуємо необхідну силу затискання при обробці деталі на операції 025 Фрезерно-свердлильній під час фрезерування площини пов. 2.

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску W (рисунок 3.2).

На даній операції (025) максимальна сила різання P_z при чорновому фрезеруванні верхньої площини деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути супутник із закріпленою заготовкою паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iy}$:

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

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

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема пристосування

Тоді рівняння прийме вигляд:

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

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.3)$$

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

$K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

$K_2 = 1,4$ – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує зближення 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.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,6.$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.4)$$

де $t = 2,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,3$ мм/зуб – подача;

$B = 74$ мм – ширина фрезерування;

$z = 12$ – кількість зубів фрези;

$D = 100 \text{ мм}$ – діаметр фрези;

$n = 600 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання фрези;

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

$C_p = 325$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $\omega = 0,2$ – коефіцієнт та показники степеню, які вибираються з таблиць.

Визначимо силу різання:

$$F_z = \frac{825 \cdot 2 \cdot 0^{1,0} \cdot 0,3^{0,7} \cdot 74^{1,1} \cdot 12}{100^{1,3} \cdot 600^{0,2}} \cdot 1,1 = 58 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{58 \cdot 3,5}{0,1} = 2088 \text{ (Н)}.$$

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 3.3).

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W \cdot b}{4 \cdot a}, \quad (3.5)$$

де 4 – кількість прихватів у конструкції пристосування

Звідки:

$$Q = \frac{2088 \cdot 0,18}{4 \cdot 0,06} = 1566 \text{ Н}.$$

Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку тарілчастих пружин

За одержаним значенням Q підбираємо набір тарілчастих пружин із сумарною силою тиску 1600 Н.

3.4 Розрахунок слабкої ланки

У якості матеріалу для виготовлення штовхача приймаємо сталь 35. Зусилля, яке діє 1566 Н. Допустиме напруження при розтягуванні для сталі 35 приймаємо $[\sigma]=125$ МПа. Умова міцності визначається за формулою:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} \cdot [\sigma_p] = P \quad (3.6)$$

Звідси:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \text{ мм} \quad (3.7)$$

де P – сила, яка діє вздовж осі, $P=1566$ Н;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження при розтягуванні для сталі 35, приймаємо

$$[\sigma_p] = 125 \text{ МПа.}$$

d_1 – внутрішній діаметр різьби.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1566}{3,14 \cdot 125}} = 4 \text{ мм}$$

Приймаємо різьбу із зовнішнім діаметром $M6$.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Кришка», що виготовляється із сірого чавуну найбільш доцільними буде два способи: литво у піщано-глиняні форми та литво в кокіль [1, 4, 34].

Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

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

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

де $Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг ($Q_{\text{д}}=6,21$);

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

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

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

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

$$C_{\text{в}} = 0,001 [C_{\text{бв}} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) C_{\text{вх}}], \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

$C_{\text{бв}}$ – базова вартість 1 т заготовок, $C_{\text{бв}}=59000$ грн.;

$C_{\text{вх}}$ – вартість 1т відходів, $C_{\text{вх}}=10000$ грн..

Коефіцієнти:

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 відносного потоншення основних стінок: $K_{\text{ст}}=1,08$.

Визначаємо собівартість при литві у піщано-глиняні форми:

$$C_{\text{в}}=0,001(59000 \cdot 1,03 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 \cdot 1,08 - (10,35 - 6,21) \cdot 10000) = 65,7 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо собівартість при литві в ковіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(59000 \cdot 1,03 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 \cdot 1,08 - (8,87 - 5,21) \cdot 10000) = 67,2 \text{ (грн.)}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни виливка, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво в піщано-глиняні форми.

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (67,2 - 65,7) \cdot 250 = 375 \text{ (грн.)}$$

Отже, за умов дрібносерійного виробництва доцільніше використовувати литво в піщано-глиняні форми.

4.2 Розрахунок загального освітлення

Проведемо розрахунок загального освітлення цеху. Даний розрахунок має на меті визначення кількості світильників, що забезпечують необхідне значення освітленості [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розраховуємо загальне рівномірне освітлення приміщення площею 2304 м² (48×48 м).

Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

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

звідки визначимо необхідну кількість світильників:

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

де $E_n = 300$ лк – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,3$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 2304$ м² – площа приміщення, що освітлюється (механічне відділення);

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

n – число ламп у світильнику.

Коефіцієнт використання η знаходять, попередньо визначивши індекс приміщення i за формулою:

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

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

h – розрахункова висота:

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

де $H = 12 \text{ м}$ – висота від підлоги до ферми;

$h_r = 1,2 \text{ м}$ – висота від підлоги до робочого місця.

Тоді маємо, що

$$h = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення дорівнює

$$i = \frac{48 \cdot 48}{10,8 \cdot (48 + 48)} = 2,2.$$

Знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,53$.

Світловий потік ламп ДРЛ-400 становить $\Phi = 19000 \text{ (лс)}$.

Тоді знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 2304 \cdot 1,15}{0,53 \cdot 19000 \cdot 1} = 104 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху 52 світильника по 2 лампи ДРЛ-400, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Вплив нафтопродуктів на довкілля

Нафтопродукти суттєво впливають на навколишнє середовище, особливо при їх вибоках або неправильній утилізації. Розглянемо основні аспекти цього впливу.

1. Грунт. Забруднення ґрунту: Нафтопродукти, потрапляючи у ґрунт, порушують його структуру, скорочують доступ кисню та води до коріння рослин.

Це призводить до зниження родючості. Знищення мікрофлори. Токсичні сполуки пригнічують діяльність ґрунтових мікроорганізмів, що позначається на розкладанні органічних речовин.

2. Вода. Забруднення водою. Нафтопродукти формують плівку на поверхні води, переважаючи газообмін. Це призводить до загибелі водних організмів. Підземні води. Попадання нафтопродуктів у ґрунтові води робить їх непридатними для пиття та складними для очищення.

3. Атмосфера. Викиди токсичних речовин. Випари нафтопродуктів містять вуглеводні, що забруднюють повітря та сприяють утворенню смогу. Вуглецевий слід. Спалювання нафтопродуктів є джерелом вуглекислого газу та метану, що посилюють парниковий ефект.

4. Біота. Флора і фауна. Рослини та тварини, що контактують із забрудненнями, часто гине. Наприклад, птахи, що потрапили у нафту, втрачають здатність літати та вмирають від гіпотермії. Токсичність. Багато вуглеводнів надають мутагенну та канцерогенну дію на організм.

5. Кумулятивний ефект. Забруднення може тривалий час зберігатися в екосистемі, накопичуючись у харчових ланцюгах і довгостроково впливаючи на здоров'я людини і тварин.

Способи мінімізації впливу наступні.

1. Профілактика витоків. Використання технологій для моніторингу та запобігання ризикам.

2. Очищення та рекультивація. Використання біоремедіації (бактерій, що розкладають нафту), хімічних сорбентів та технологій механічного очищення.

3. Перехід на альтернативні джерела енергії. Розвиток відновлюваних джерел (сонячної, вітрової енергії).

Боротьба з наслідками забруднення нафтопродуктами потребує комплексного підходу та значних зусиль для відновлення екосистем.

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 нагону шестеренного масляного, 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 зборку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 50H7$ мм та інших поверхонь.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки. Проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу, а також слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки кришки. Річний економічний ефект для програми випуску 250 шт. склав 375 грн. Окрім того, здійснено розрахунок загального освітлення виробничого приміщення за встановленими розмірами. Висвітлено екологічну шкоду від нафтопродуктів.

5. У графічній частині роботи наведено складальний креслення насоса масляного шестеренного, креслення кришки, креслення заготовки кришки, складальний креслення пристосування для виконання операції механічної обробки.