

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КУРИЛЬЧУК ПЕТРО ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 621.9

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РЕОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС
НАСОСА» В УМОВАХ СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

133 «Галузеве машинобудування»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Курильчук П.Л.

Керівник роботи

Забродський П.М.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Курильчук П.Л. Реорганізація технології виготовлення деталі «Корпус насоса» в умовах серійного виробництва. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

В загальнотехнічному розділі виконано наступне:

- визначено призначення деталі та умови її роботи у складальній одиниці, що дозволило встановити основні експлуатаційні вимоги.
- виконано конструкторський контроль креслення деталі, що дозволило виявити можливі недоліки та узгодити їх з технологічними вимогами.
- встановлено технічні вимоги на виготовлення деталі, зокрема щодо точності, шорсткості поверхонь та допустимих відхилень.

В технологічному розділі виконано наступне:

- проведено аналіз конструкції деталі на технологічність, що дало можливість визначити її відповідність виробничим вимогам та спростити процес виготовлення.
- визначено тип виробництва відповідно до серійності та вимог до якості.
- обґрунтовано вибір способу отримання заготовки, що враховує мінімізацію витрат матеріалів і часу на подальшу обробку.
- розроблено технологію виготовлення деталі, яка включає вибір оптимальних методів механічної обробки.
- виконано розрахунок припусків на обробку, що забезпечує досягнення необхідних параметрів точності та шорсткості.
- проведено розрахунок режимів різання та норм часу, що дозволило визначити ефективні режими роботи обладнання для досягнення високої продуктивності.

В конструкторському розділі виконано наступне:

- спроектовано та виконано розрахунок спеціального верстатного пристрою, що сприяє підвищенню точності обробки деталі та зменшенню часу на її виготовлення.

Ключові слова: деталь, заготовка, технологія виготовлення, нормування, режими різання, пристрій.

ANNOTATION

Kurylchuk P.L. Reorganization of the manufacturing technology of the part "Pump housing" in serial production. - Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for the first bachelor's degree in specialty 133 «Industrial mechanical engineering». – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

In the general technical section, the following was performed:

- the purpose of the part and the conditions of its operation in the assembly unit were determined, which allowed establishing the main operational requirements.

- design control of the part drawing was performed, which allowed identifying possible shortcomings and aligning them with technological requirements.

- technical requirements for manufacturing the part were established, in particular regarding accuracy, surface roughness and permissible deviations.

In the technological section, the following was performed:

- an analysis of the part design for manufacturability was performed, which made it possible to determine its compliance with production requirements and simplify the manufacturing process.

- the type of production was determined in accordance with the seriality and quality requirements.

- the choice of the method of obtaining the workpiece was justified, which takes into account the minimization of material consumption and time for further processing.

- the technology for manufacturing the part was developed, which includes the selection of optimal machining methods.

- the calculation of machining allowances was performed, which ensures the achievement of the required accuracy and roughness parameters.

- the calculation of cutting modes and time standards was performed, which allowed determining the effective operating modes of the equipment to achieve high productivity.

The following was performed in the design section:

- the calculation of a special machine tool device was designed and performed, which contributes to increasing the accuracy of machining the part and reducing the time for its manufacture.

Keywords: part, workpiece, manufacturing technology, standardization, cutting modes, device.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Призначення деталі та умови роботи в складальній одиниці.....	5
1.2. Конструкторський контроль креслення деталі.....	6
1.3. Технічні вимоги на виготовлення деталі.....	7
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
2.1. Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	9
2.2. Визначення типу виробництва.....	10
2.3. Вибір способу отримання заготовки.....	12
2.4. Розробка технології виготовлення деталі.....	15
2.5. Розрахунок припусків на обробку деталі.....	18
2.6. Розрахунок режимів різання та норм часу.....	21
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	32
3.1. Проектування та розрахунок спеціального верстатного пристрою.....	32
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Курильчук П.Л.					
Перевір.		Забродський П.М.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Медведський О.В.					
<i>Реорганізація технології виготовлення деталі «Корпус насоса» в умовах серійного виробництва</i>					ПНУ, група ГМ-21+23ск		

ВСТУП

В умовах сучасного машинобудування ефективно виготовлення деталей, зокрема корпусу насоса, є важливим фактором забезпечення конкурентоспроможності продукції. Реорганізація технологічного процесу дозволяє оптимізувати витрати, скоротити виробничі цикли та покращити якість готової продукції.

Ключові аспекти актуальності теми:

1. Підвищення ефективності виробництва:
 - Удосконалення технологічного процесу сприяє зменшенню виробничих витрат, підвищенню продуктивності праці та раціональному використанню ресурсів.
 - Впровадження нових методів обробки матеріалів та автоматизація виробництва дозволяють зменшити час виготовлення корпусу насоса.
2. Забезпечення високої якості продукції:
 - Оптимізація технології сприяє зменшенню дефектів, підвищенню точності обробки та забезпеченню стабільності параметрів деталей.
 - Впровадження сучасних систем контролю якості допомагає зменшити кількість браку та збільшити довговічність продукції.
3. Зниження собівартості виробництва:
 - Оптимізація технологічних маршрутів, використання більш ефективного обладнання та новітніх матеріалів дозволяють знизити енергоспоживання та витрати на сировину.
 - Скорочення ручної праці та автоматизація технологічних процесів сприяють зменшенню загальних виробничих витрат.
4. Впровадження інноваційних технологій:
 - Застосування ЧПК (числового програмного керування), 3D-друку, лазерного або гідроабразивного різання дозволяє вдосконалити технологію виготовлення корпусу насоса.

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Впровадження гнучких виробничих систем сприяє швидкому переналаштуванню обладнання під зміну модифікацій виробу.

5. Адаптація до сучасних ринкових вимог:

- Зростання попиту на високоякісні, довговічні та енергоефективні насоси вимагає вдосконалення виробничих процесів.

- Підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку завдяки скороченню термінів виготовлення та покращенню характеристик виробу.

Таким чином, реорганізація технології виготовлення корпусу насоса в умовах серійного виробництва є актуальним завданням, яке спрямоване на підвищення продуктивності, зниження витрат і покращення якості продукції. Це дозволяє підприємствам залишатися конкурентоспроможними на ринку та відповідати сучасним вимогам виробництва.

Мета та завдання роботи. Метою бакалаврської роботи є реорганізація технології виготовлення деталі «Корпус насоса» в умовах серійного виробництва. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз конструкції деталі на технологічність;
- спосіб отримання заготовки;
- розробка технологічного процесу виготовлення деталі;
- виконати розрахунок режимів різання та норм часу;
- провести розрахунки та конструювання спеціального верстатного пристрою.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Основний обсяг роботи викладений на 39 сторінках, включаючи 8 рисунків та 8 таблиць. Список використаних джерел нараховує 8 найменувань.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення деталі та умови роботи в складальній одиниці

Деталь «Корпус насоса» (рис.1.1) є відповідальною деталлю дизеля СЧН21/21 і входить в складальну одиницю насосів. Зокрема деталь 0390.22.001-5 входить в «Насос паливопідкачувальний» (рис.1.2). У отвір $\text{Ø}20\text{H}7$ встановлюється шийка валика веденого зубчастого колеса, в розточку $\text{Ø}52\text{H}7$ встановлюються самі зубчасті колеса.

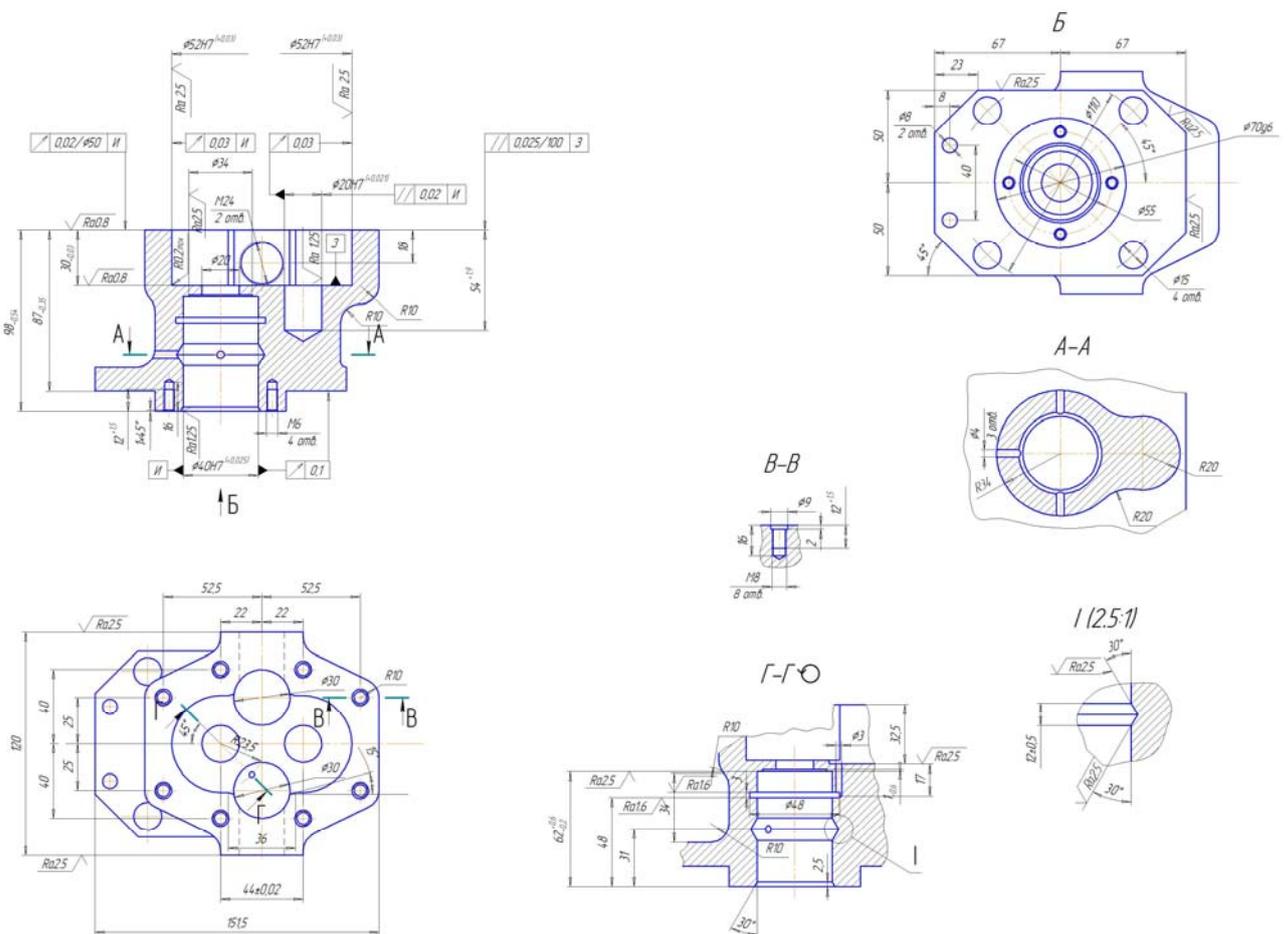


Рис.1.1. Деталь «Корпус насоса»

У отвір $\text{Ø}40\text{H}7$ встановлюються два радіальні шарикопідшипники, на яких обертається шийка валу-шестерні. У цей же отвір між підшипниками встановлюється вузол ущільнювача, що складається з кільця ущільнювачів і

					Арк.
					5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

манжет, на плоскість роз'єму через прокладку встановлюється кришка, яка закріплюється до корпусу за допомогою восьми шпильок М8. З іншого боку встановлюється шайба, яка оберігає підшипниковий і ущільнювач вузол від осьового зсуву і закріплюється до корпусу чотирма болтами М6.

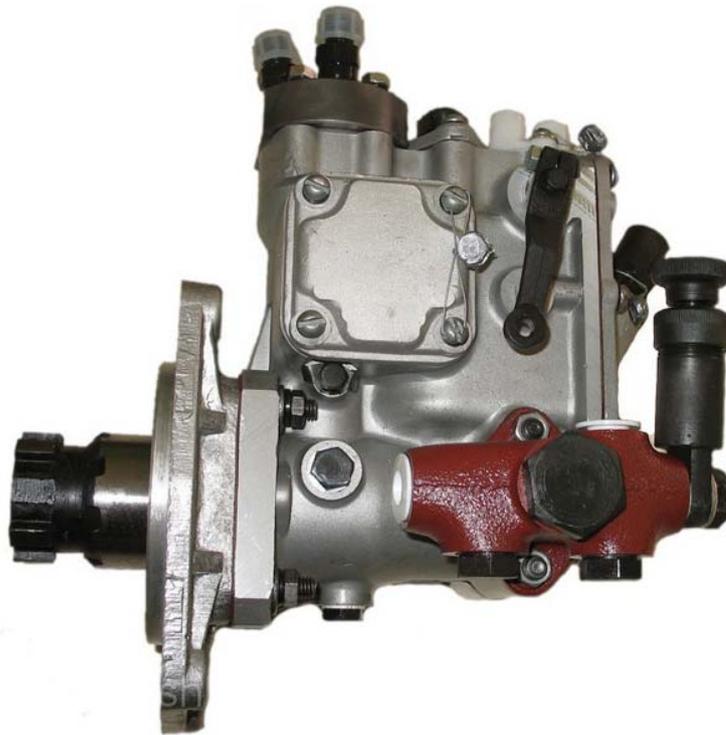


Рис.1.2. Насос паливопідкачувальний

Корпус встановлюється на передню кришку блоку-картера, закріплюється до неї чотирма шпильками М10 і фіксується в певному положенні двома циліндровими штифтами Ø8 мм. Різьбові отвори М24х2 служать для підведення і відведення палива.

1.2. Конструкторський контроль креслення деталі

Конструкторський контроль креслення здійснюється відповідно до вимог ДСТУ щодо розробки та оформлення конструкторської документації для деталі 0390.22.001-5 «Корпус насоса».

					Арк.
					6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1. Радіальне та торцеве биття:
 - Допуск радіального биття поверхні Ø52H7 відносно осі отвору Ø40H7 не повинен перевищувати 0,03 мм. Недотримання цього параметра призводить до передчасного зносу.
 - Допуск торцевого биття відносно осі отвору Ø40H7 на базовому діаметрі Ø50 не повинен перевищувати 0,03 мм.
 - Допуск радіального биття поверхні Ø20H7 відносно осі отвору Ø52H7 не більше 0,03 мм. Порухення цих вимог спричиняє передчасне зношування тертьових деталей вузла.
2. Непаралельність поверхонь:
 - Допуск непаралельності поверхні Ø52H7 відносно осі отвору Ø40H7 не більше 0,02 мм.
 - Допуск непаралельності торцевої поверхні відносно дна отвору Ø20H7 на базовій довжині 100 мм не повинен перевищувати 0,025 мм. Недотримання цих параметрів може призвести до порушення роботи вузла в цілому.
3. Площинність торцевої поверхні:
 - Допуск площинності торцевої поверхні не більше 0,02 мм. Відхилення від цього значення може спричинити нещільне прилягання торцевих поверхонь.

1.3. Технічні вимоги на виготовлення деталі

Технічний контроль креслень здійснюється відповідно до вимог ДСТУ, ISO щодо розробки та оформлення конструкторської документації. Технічні вимоги зазначені над штампом. Для деталі 0390.22.001-5 встановлено такі вимоги:

1. *Розміри для довідок:
 - Розміри, позначені зірочкою (*), є довідковими. Це означає, що вони не є обов'язковими для виконання за даним кресленням і надаються виключно для зручності використання документації.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Граничні відхилення розмірів:

○ Для розмірів, у яких не вказані допуски, застосовуються стандартні граничні відхилення: H14, h14 \pm IT14/2, для кутів - \pm AT16/2. Верхнє та нижнє відхилення визначаються за відповідною таблицею.

3. Маркування деталі:

○ Після завершення механічної обробки та контролю необхідно нанести маркування гравером із позначенням деталі 0390.22.001-5 шрифтом ПО-5,0 відповідно до ДСТУ 2930:2008. Виконання цього маркування дозволяє уникнути плутанини під час складання, оскільки існує багато подібних деталей.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз конструкції деталі на технологічність

Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус насоса» можна здійснити за наступними критеріями:

1. Конструктивні особливості:

- Корпус насоса має складну геометричну форму з великою кількістю отворів, фасок, та пазів.

- Включає кілька осьових та радіальних отворів, що вимагають точного дотримання міжосьових відстаней.

- Є внутрішні порожнини, які можуть ускладнити процес виготовлення.

- Наявні кріпильні отвори різного діаметра, включаючи різьбові отвори.

2. Матеріал деталі:

- Вказаний стандарт ДСТУ 8833:2019, що свідчить про застосування певних матеріалів або методів обробки.

- Висока ймовірність, що деталь виготовляється з чавуну або сталі, що впливає на технологічні методи обробки.

3. Технологічність виготовлення:

Вибір заготовки:

- Найімовірніше, заготовка може бути отримана литтям або механічною обробкою з кованої заготовки.

- Лиття доцільне, якщо обробка виконується з чавуну або легованих сталей.

Обробка:

- Токарні операції: обробка центральних отворів і внутрішніх поверхонь.

- Фрезерування: виконання площин і пазів.

- Свердління: формування отворів для кріплення, підшипників або з'єднань.

- Нарізання різьби: механічним способом або за допомогою вставок.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Шліфування та контроль точності: зважаючи на вимоги допусків (вказані мікронні значення, наприклад, 0.002/100).

Застосування стандартних елементів:

- Наявність стандартних отворів (M8, M6, M24) спрощує обробку.
- Використання стандартних підшипникових гнізд і посадок під ущільнення може полегшити складання.

4. Оцінка складності виготовлення:

Таблиця 2.1

Критерій	Оцінка
Кількість операцій	Висока
Необхідність високої точності	Висока
Складність форми	Висока
Використання стандартних елементів	Середня
Виробнича ефективність	Середня

Висновок: корпус насоса має високий рівень складності, що вимагає точного дотримання технологічного процесу. Деталь є складною механічною деталлю з високими вимогами до точності обробки. Використання ЧПУ-обладнання та вдосконалення конструкції може знизити собівартість виготовлення та підвищити технологічність.

2.2. Визначення типу виробництва

Тип виробництва залежить від двох чинників: заданої програми і трудомісткості виготовлення виробу.

Коефіцієнт серійності:

$$k_C = \frac{t_e}{T_{um}}$$

					Арк.
					10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де: t_g - такт випуску виробу,

$T_{ум}$ - середня трудомісткість по операціях. По існуючому базовому техпроцесу.

$$T_{ум} = 8,5 \text{ хв.}$$

Такт випуску виробу:

$$t_g = \frac{F_D \cdot 60}{N},$$

де: F_D - дійсний річний фонд часу устаткування,

$N = 6700$ шт., - річна програма випуску.

$$F_D = F_H \cdot \left(1 - \frac{K}{100}\right),$$

де: $F_H = d \cdot t \cdot n$ - номінальний фонд роботи устаткування при двозмінному режимі, годині.

$K = 3\%$ - коефіцієнт, що враховує втрати номінального часу на ремонт устаткування.

$d = 256$ - робочих днів в році.

$t = 8$ година – тривалість робочої зміни.

$n = 2$ - кількість робочих змін в день.

$$F_D = 256 \cdot 8 \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 3973 \text{ год.}$$

$$k_C = \frac{F_D \cdot 60}{N \cdot T_{ум}} = \frac{3973 \cdot 60}{6700 \cdot 8.5} = 4.18$$

При $4 \leq k_C \leq 10$ виробництво приймається: великосерійне.

Визначимо оптимальну кількість деталей в партії для одночасного запуску на виготовлення:

$$n_{II} = \frac{N \cdot C}{d},$$

де: C - запас деталей, що рекомендується, на цеховому складі (для крупних деталей 2-3 дні, для середніх-4-6, для дрібних - 7-10 днів);

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{п}} = \frac{6700 \cdot 5}{256} = 130 \text{ деталей}$$

Оскільки партія деталей представляє їх кількість, яка виготовляється на робочому місці з однократною витратою підготовчо-заклучного часу, то її розмір надає істотний вплив на техніко-економічні показники і організацію виробництва. На підставі розрахунків приймаємо виробництво велико-серійним, оптимальна кількість деталей в партії для запуску –130 штук.

Таблиця 2.2

Назва деталі	N	T _{доп.}	T _{шт.}	t _в	K _с	Тип виробництва
Корпус насоса	6700	3,89	36	8,5	4,18	Великосерійне

2.3. Вибір способу отримання заготовки

Вибір способу отримання заготовки залежить від конструкції деталі, її матеріалу, необхідної точності, масштабу виробництва та економічної доцільності. Основні методи виготовлення заготовок включають лиття, обробку тиском, механічну обробку, зварювання та адитивні технології.

Основні способи виготовлення заготовок з чавуну включають лиття в глиняно-піщані форми, оболонкові форми, по моделях, що виплавляються, кокільне і відцентрове лиття, а також лиття під тиском. Лиття в глиняно-піщані форми є найпоширенішим і використовується для виготовлення 75-80% відливаних у машинобудуванні. Це дозволяє отримувати відливання різних розмірів та складних форм, але з низькою точністю та великими допусками на обробку. Вартість виготовлення таких відливок мінімальна, але їх обробка є дорожчою порівняно з іншими методами.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кокільне лиття є дешевшим серед спеціальних способів, дозволяючи багаторазово використовувати металеві форми (кокілі). Це доцільно для серійного виробництва та виготовлення відливок з мідних, алюмінієвих, магнієвих сплавів, сталі та чавуну. Кокільне лиття дозволяє досягати стабільних розмірів і високої точності, зменшуючи витрату металу на 10-20%. Однак кокілі мають високу вартість, і їх використання можливе лише для виготовлення відливок простих конфігурацій.

Заміна піщаних форм на кокільне лиття знижує собівартість відливань на 30% і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів. Однак це потребує врахування високої вартості кокілів та їх можливих деформацій через термічні напруги. Трудомісткість механічної обробки також зменшується завдяки точності і зменшенню припусків.

Для даної деталі з урахуванням її конфігурації і матеріалу оптимальним є лиття в кокіль або піщано-глиняні форми, залежно від вимог до точності та виробничих можливостей.

Заготовка отримана литтям в піщано-глинисті форми.

1. Вартість заготовки C_z , грн, отриманої литтям в піщано-глинистих формах визначається по формулі :

$$C_{zn-2ф} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000},$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок отриманої литтям в піщано-глинистих формах з матеріалу СЧ20 ДСТУ 8833:2019, грн./т;

Q – маса заготовки, кг;

K_T – коефіцієнт, враховуючий клас точності відливки;

K_C – коефіцієнт, враховуючий групу складності;

K_B – коефіцієнт, враховуючий масу заготовки;

K_M – коефіцієнт, враховуючий марку матеріалу;

K_{II} – коефіцієнт, враховуючий серійність;

q – маса готової деталі, кг;

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{\text{відх.}}$ – ціна 1 т. відходів, грн./т;

$C_i = 22000$ грн./т;

$Q = 6,6$ кг;

K_T – 5 клас точності;

$K_T = 1$;

K_C – 4 група складності;

$K_C = 1,2$;

$K_B = 0,8$;

$K_M = 1,04$;

K_{II} – 3 група серійності;

$K_{II} = 1$;

$q = 4,5$ кг;

$S_{\text{відх.}} = 12000$ грн./т.

$$C_{\text{зн-зф}} = \left(\frac{22000}{1000} \cdot 6.6 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 0.8 \cdot 1.04 \cdot 1 \right) - (6.6 - 4.5) \cdot \frac{12000}{1000} = 516,2 \text{ грн.}$$

2. Вартість отримання заготовки методом лиття в кокільні форми:

$C_i = 33000$ грн./т;

$Q = 5,8$ кг;

K_T – 5 клас точності;

$K_T = 1$;

K_C – 4 група складності;

$K_C = 1,2$;

$K_B = 0,8$;

$K_M = 1$;

K_{II} – 3 група серійності;

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{II} = 1;$$

$$q = 4,5 \text{ кг};$$

$$S_{\text{відх.}} = 12000 \text{ грн./т.}$$

$$C_{\text{з.кокиль}} = \left(\frac{33000}{1000} \cdot 5.8 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (5.8 - 4.5) \cdot \frac{12000}{1000} = 681,39 \text{ грн.}$$

Розрахуємо КВМ для обох видів лиття:

$$\text{КВМ} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}},$$

Для литтям в піщано-глинистих формах:

$$\text{КВМ} = \frac{4,5}{6,6} = 0,68.$$

Для лиття в кокильні:

$$\text{КВМ} = \frac{4,5}{5,8} = 0,77.$$

Висновок: отримання заготовки методом лиття в піщано-глинистих формах є більш доцільніше.

2.4. Розробка технології виготовлення деталі

Для розробки технологічного процесу обробки деталі необхідно попередньо вивчити її конструкцію та функціональне призначення. Процес повинен сприяти підвищенню продуктивності праці та якості деталі, зниженню матеріальних і трудових витрат, а також зменшенню негативного впливу на довкілля. Технологічний процес обробки подібних деталей складається з кількох етапів: обробка зовнішніх поверхонь на необроблених і попередньо оброблених ділянках, отримання базових поверхонь, які будуть використовуватися для подальших операцій.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний маршрут обробки деталі «Корпус насоса»

Операції		Технологічні бази	Обладнання
005	Заготівельна	-	-
010	Токарна: - підрізати торці та точити $\varnothing 71,4$ начорно; - точити торці начисто; - точити $\varnothing 70g6$; - центрувати торець ; - свердлили $\varnothing 20$; - розточити $\varnothing 39, \varnothing 34$ - розточити $\varnothing 40H7$ - точити фаски і канавки.	Габарити деталі	Верстат токарний з ЧПК 16K20Ф3
015	Свердлувально-фрезерно-розточувальна: - фрезерувати торець; - фрезерувати контур деталі в розмір 120мм, фрезерувати отвори 2 отвори $\varnothing 30$ та 2 отвори $\varnothing 50$; - фрезерувати 2 отвори $\varnothing 52H7$; - центрувати, свердлили та нарізати різь в 8 отворах M8; - центрувати, свердлили та розточити отвір $\varnothing 20H7$.	$\varnothing 70g6$, габарити деталі	Свердлувально-фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК ГФ2171С3

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

020	Свердлувально-фрезерно-розточувальна: - фрезерувати контур деталі; - центрувати торець під 10 отворів; - свердлувати 4 отвори $\varnothing 15$; - свердлувати 2 отвори $\varnothing 8$; - свердлувати, та нарізати різь в 4 отворах М6	$\varnothing 20$, $\varnothing 20H7$, габарити деталі	Свердлувально-фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК ГФ2171С3
025	Радіально-свердлильна: - свердлити 3 отв. $\varnothing 4$; - свердлити, та нарізати різь в 2 отворах М24;	$\varnothing 20$, $\varnothing 20H7$, габарити деталі	Радіально-свердлильний верстат 2М55
030	Радіально-свердлильна: - свердлити отвір $\varnothing 3$	-габарити деталі	Радіально-свердлильний верстат 2М55
035	Зачистити заусенці	-	Верстак слюсарний
040	Миюча - промити деталь	-	Ванна
045	Контрольна - контроль деталі за кресленням	-	Контрольний інструмент
050	Маркувальна - маркувати деталь	-	-

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Розрахунок припусків на обробку деталі

Різниця розмірів заготовки і остаточно обробленої деталі визначає величину припуску, тобто шари, який має бути знятий при механічній обробці.

Припуски розділяють на загальні і міжопераційні.

Аналітичний спосіб розрахунку є точнішим, оскільки враховує конкретні умови виконання операцій технологічного процесу. Розрахуємо припуски на обробку і проміжні граничні розміри для $\varnothing 90g6^{(-0,012)}_{(-0,034)}$ мм.

1. Маршрут обробки

Операція 010 Токарна

Перехід 1 - Чорнове точіння

Перехід 2 - Чистове точіння

Для виконання розрахунків дані розташовують у вигляді таблиці, в якій вказують операції технологічного процесу і всі шукані параметри поверхневого шару, як для заготівки, так і для поверхонь деталі по всіх операціях.

Таблиця 2.4

Розрахункова таблиця елементів припуску

Вид заготовки і технологічна операція	Точність заготовки і обробленої поверхні	Допуск на розмір δ , мм	Показники, мкм				Між операційні припуски, мм		Між операційні припуски, мм	
			R_z	T	ρ	ϵ	D_{max}	D_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Заготовка	точності	$\pm 0,6$	600		1200	-	76,686	75,061	-	-
Токарна чорнова	h12	-0,400	50	50	480	600	71,586	71,161	5,1	3,9
Токарна чистова	g6	$-0,012$ $-0,034$	30	30	40	24	69,986	69,961	1,6	1,2

										Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

де: R_z – параметр шорсткості;

T – глибина дефектного шару;

ρ - просторове відхилення;

ε - похибка встановлення.

2. Заготовка

Якість поверхні відливань 1 класу розмірами до 1,2м $R_z+T=600$ мкм.

Допустимі відхилення по розмірах для даних габаритах відливання $\pm 0,6$ мм.

3. Механічна обробка

Точність і якість поверхні після механічної обробки. Чорнове точіння - квалітет 12; $R_z = 50$ мкм; $T = 50$ мкм; чистове точіння - квалітет 6; $R_z = 30$ мкм; $T = 30$ мкм.

4. Мінімальні проміжні припуски

4.1. Чорнова токарна обробка

$$2Z_{\min} = 2((R_z + T)_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

де: $R_{z_{i-1}}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\rho_{\Sigma i-1}$ - сумарні просторові відхилення на попередньому переході;

ε_i - похибка установки заготовки на переході.

Визначення величини $\rho_{\Sigma i-1}$ для заготовки

$$\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2},$$

де: $\rho_{\text{кор}}$ - похибка заготовки від викривлення;

$\rho_{\text{см}}$ - похибка заготовки по зсуву;

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot B,$$

де: $\Delta_k = 0,7 \div 1$ – питома кривизна заготовки;

B – товщина оброблюваної заготовки.

$$\rho_{\text{кор}} = 1 \cdot 0,063 = 0,063 \text{ мм};$$

$$\rho_{\text{см}} = \delta = 1,2 \text{ мм}.$$

В результаті: $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{1,2^2 + 0,063^2} = 1,2 \text{ мм}.$

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{PP}^2},$$

де: $\varepsilon_B = 0$ мкм, - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0,6$ мкм, - похибка закріплення;

$\varepsilon_{PP} = 0,05$ мкм, - похибка положення заготовки.

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0^2 + 0,6^2 + 0,05^2} = 600 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min} = 2(600 + \sqrt{1200^2 + 600^2}) = 3883 \approx 3,9 \text{ мм}$$

4.2. Чистова обробка

Залишкову суму похибок після чорнового обточування можна отримати за допомогою емпіричної формули:

$$\rho_{\Sigma i-1} = k_y \cdot \rho_{\Sigma i}.$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми $k_y = 0,04$.

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,04 \cdot 1,2 = 0,48 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 0,6 = 0,024 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{480^2 + 24^2}) = 1161 \text{ мкм} \approx 1,2 \text{ мм}$$

5. Визначення максимальних проміжних припусків Величина максимального припуску визначається:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + \delta_i$$

5.1 Чорнова токарна обробка:

$$2Z_{\max} = 3883 + 1200 = 5083 \text{ мкм} \approx 5,1 \text{ мм}$$

5.2 Чистова токарна обробка:

$$2Z_{\max} = 1161 + 400 = 1561 \text{ мкм} \approx 1,6 \text{ мм}$$

6. Проміжні між операційні розміри мінімальні і максимальні розміри отримують збільшенням до граничних розмірів мінімальних і максимальних припусків по операціях (переходам):

$$D_{\min} = D_{\min} + 2Z_{\min}$$

$$D_{\max} = D_{\max} + 2Z_{\max}$$

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1 Чорнове точіння:

$$D_{\min} = 69,961 + 1,2 = 71,161 \text{ мм}$$

$$D_{\max} = 69,986 + 1,6 = 71,586 \text{ мм}$$

6.2 Заготовка:

$$D_{\min} = 71,161 + 3,9 = 75,061 \text{ мм}$$

$$D_{\max} = 71,586 + 5,1 = 76,686 \text{ мм}$$

Виходячи з розрахунків приймаємо діаметр заготовки 97 мм. Припуску на останні поверхні заготівки призначаємо по таблицях на відливання 1 класу точності по ДСТУ 1855:2018.

Таблиця 2.5

Представлення припусків для деталі «Корпус насоса»

Поверхні	Припуск	
	Розрахунковий, мм	Табличний, мм
Ø70g6	Ø 76±0,6	-
Ø40H		Ø37±0,4
Ø52H7		Ø47±0,4
98H12		104±0,6
87h12		89±0,5

2.6. Розрахунок режимів різання та норм часу

При призначенні режимів різання необхідно враховувати характер обробки, типа і розмір інструменту, матеріал його ріжучої частини і стан заготівки. При чорновій обробці призначають по можливості максимальну глибину різання і максимально можливу подачу, виходячи з жорсткості системи СНІД, потужності верстата і інших обмежуючих чинників.

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналiтичний метод

Операція 010 токарна

Перехiд 1.

Глибина рiзання - $t = 2$ мм.

Приймаємо подачу $s = 0,6$ мм/об;

Стiйкiсть iнструмента $T = 60$ хв.

Швидкiсть рiзання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V, \quad \text{де}$$

K_V - загальний коефiцiєнт враховуючий швидкiсть рiзання.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{CV}, \quad \text{де}$$

K_{MV} - коефiцiєнт враховуючий матерiал заготовкi.

K_{nV} - коефiцiєнт враховуючий стан поверхнi заготовкi.

K_{CV} - коефiцiєнт враховуючий матерiал iнструмента.

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HV} \right)^{mv}, \quad \text{де}$$

$n_v = 1,25$;

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{165} \right)^{1,25} = 1.113;$$

$K_{nV} = 0,8$;

$K_{CV} = 1$.

$$K_V = 1.113 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,95$$

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		

$$C_V = 292; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2;$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}} \cdot 0,95 = 107,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 107,3}{\pi \cdot 141} = 242 \text{ об/хв.}$$

Колова сила при різанні:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_P, \text{ де}$$

K_P - коефіцієнт враховуючий якість оброблюваного матеріалу.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi} \cdot K_{\eta} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \text{ де}$$

$K_{MP}; K_{\varphi}; K_{\eta}; K_{\lambda p}; K_{rp}$ - коефіцієнт враховуючий фактичні умови різання.

$$K_{MP} = \left(\frac{HV}{190} \right)^n; \quad n = 0,5;$$

$$K_{MP} = \left(\frac{200}{190} \right)^{0,5} = 1,03$$

$$K_{\varphi} = 1; K_{\eta} = 1,1; K_{\lambda p} = 1; K_{rp} = 0,93;$$

$$K_P = 1,03 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,05;$$

$$C_P = 92; x = 1; y = 0,75; n = 0;$$

$$P_Z = 10 \cdot 92 \cdot 2^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 110^0 \cdot 1,03 = 1600 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_e = \frac{1600 \cdot 107}{1020 \cdot 60} = 2,88 \text{ кВт,}$$

$N_e < [N_c] = 11 \text{ кВт}$, тобто маємо запас потужності.

Операція 015 Свердлувально-фрезерно-розточувальна з ЧПК

Глибина різання - $t = 3 \text{ мм}$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина різання $B = 80 \text{ мм}$

Діаметр фрези $D = 100 \text{ мм}$, число зубів $z = 8$.

Подачу приймаємо $s_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$;

Стійкість інструмента $T = 180 \text{ хв}$;

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^s}{T^m \cdot t^x \cdot B^u \cdot z^p \cdot s_z^y} \cdot K_V, \text{ де}$$

K_V - загальний поправочний коефіцієнт враховуючий швидкість різання.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{CV}, \text{ де}$$

K_{MV} - коефіцієнт враховуючий якість обробленої поверхні.

$K_{ПV}$ - коефіцієнт враховуючий якість поверхні заготовки.

K_{CV} - коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента.

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HV} \right)^{n_v}, \text{ де}$$

$$n_v = 1,25,$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{165} \right)^{1,25} = 1.193;$$

$$K_{ПV} = 0,8;$$

$$K_{CV} = 1;$$

$$K_V = 1.193 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,95$$

$$C_v = 445; q = 0,2; x = 0,15; y = 0,35; u = 0,2; p = 0; m = 0,32,$$

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 3^{0,15} \cdot 80^{0,2} \cdot 8^0 \cdot 0,1^{0,35}} \cdot 0,95 = 158 \text{ м/хв}$$

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 158}{\pi \cdot 10} = 500 \text{ об/хв}$$

Колова сила при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad \text{де}$$

K_{MP} - коефіцієнт враховуючий якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{MP} = \left(\frac{HV}{190} \right)^n; \quad n = 0,5;$$

$$K_{MP} = \left(\frac{165}{190} \right)^{0,5} = 0,93$$

$$C_p = 54,5; q = 1; x = 0,9; y = 0,74; u = 1; w = 0;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 80^1 \cdot 8}{100^1 \cdot 500^0} \cdot 0,93 = 1586 \text{ H}$$

Інші складові сил різання встановлюємо зі співвідношення до основної складової.

$$P_h = 0,6P_z = 0,6 \cdot 1586 = 950 \text{ H}$$

$$P_v = 0,6P_z = 0,6 \cdot 1586 = 950 \text{ H}$$

$$P_y = 0,3P_z = 0,3 \cdot 1586 = 475 \text{ H}$$

$$P_x = 0,5P_z = 0,5 \cdot 1586 = 790 \text{ H}$$

Крутний момент на шпинделі верстата:

$$M_{KP} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100};$$

$$M_{KP} = \frac{1586 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 793 \text{ H} \cdot \text{м}$$

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_e = \frac{1586 \cdot 158}{1020 \cdot 60} = 4.09 \text{ кВт}$$

$N_e < [N_c] = 6.3 \text{ кВт}$, тобто маємо запас потужності.

Для інших операцій вибираємо режими різання табличним методом та зводимо все в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6

Табличний метод вибору режимів різання

Операція/Перехід	D, мм	t, мм	s, мм/об	V, м/хв.	n, об/хв.	N, кВт
Операція 010 Токарна						
1. Точити торці та Ø73 начорно	141	2	0,6	107	242	2,88
2. Точити торці та Ø71,4 начисто	141	1	0,2	174	400	2,1
3. Точити Ø70g6	72	1,4	0,1	131	580	0,9
4. Центрувати торець	10	5	0,4	5	435	0,7
5. Свердлити Ø20	20	10	0,4	25	385	1,6
6. Розточити Ø38.5, Ø34	39	3	0,15	67	550	1.1

7. Розточити Ø40H7	40	0,75	0,05	85	680	0.9
8. Розточити фаску 30 градусів та канавку 120 градусів	46	11	0,15	56	379	1.1
9. Розточити канавку 3 мм до Ø48H9	48	3	0,15	58	385	0.7
Операція 015 Свердлувально-фрезерно-розточувальна з ЧПК						
1. Фрезерувати торець	100	3	0,8	141	449	4,09
2 Фрезерувати контур деталі в розмірі 120мм, фрезерувати 2 отвори Ø30мм, фрезерувати 2 отвори Ø50мм	30	3	0,24	57	605	1,8
3 Фрезерувати 2 отвори Ø52 H7	30	1,5	0,24	69	739	1,1
4 Центрувати торець під 9 отворів	10	5	0,4	5	435	0,6
5. Свердли 8 отворів Ø6,8	6,8	3,4	0,4	16	730	0.8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6. Нарізати різь в 8 отворах М8	8	1	1	6,5	255	0,12
7. Згладити в 8 отворах фаски цековкою Ø9	9	0,5	1	18	636	0,1
8. Свердлики Ø18	18	9	0,6	26	460	1,1
9. Зенкерувати Ø19,8	19,8	0,9	0,6	27,5	442	0,4
10. Розгорнути Ø20Н7	20	0,2	0,8	28	450	0,2
Операція 020 Свердлувально-фрезерно-розточувальна з ЧПК						
1. Фрезерувати контур деталі	30	2,5	0,48	65	690	2,3
2. Центрувати торець під 10 отворів	10	5	0,4	5	435	0,7
3. Свердлувати 4 отвори Ø15	15	7,5	0,4	20	430	1,2
4. Свердлувати 2 отвори Ø8	8	4	0,4	11	450	0,8
5. Свердлувати 4 отвори Ø4.8	4,8	2,4	0,25	5	450	0,6
6. Нарізати різь в 4 отворах М6	6	1	1	4,6	240	0,3

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Точити $\varnothing 70g6$	0.06	0.04	0.04	0,34
4. Центрувати торець	0.03	0.03	0.04	0,34
5. Свердлики $\varnothing 20$	0.53	0.08	0.16	0,34
6. Розточити $\varnothing 38.5, \varnothing 34$	3.37	0.16	0.24	0,34
7. Розточити $\varnothing 40H7$	1.88	0.09	0.08	-
8. Розточити фаску 30 градусів та канавку 120 градусів	0.211	0.08	0.08	0,34
9. Розточити канавку 3 мм до $\varnothing 48H9$	0.104	0.07	0.04	0,34
$T_{шт}=11,65$	7,9	0,67	0,76	2,32
Операція 015 Свердлувально-фрезерно-розточувальна з ЧПК				
1. Фрезерувати торець	1,0	0.09	0.04	0,34
2 Фрезерувати контур деталі в розмірі 120мм, фрезерувати 2 отвори $\varnothing 30$ мм, фрезерувати 2 отвори $\varnothing 50$ мм	4.04	0.38	0.2	0,34
3 Фрезерувати 2 отвори $\varnothing 52 H7$	0.91	0.11	0.04	-
4 Центрувати торець під 9 отворів	0.16	0.12	0.36	0,34
5. Свердлики 8 отворів $\varnothing 6,8$	0.52	0.11	0.32	0,34
6. Нарізати різь в 8 отворах M8	0.37	0.11	0.32	0,34
7. Згладити в 8 отворах фаски цековкою $\varnothing 9$	0.05	0.11	0.32	0,34
8. Свердлики $\varnothing 18$	0.09	0.07	0.04	0,34
9. Зенкерувати $\varnothing 19,8$	0.08	0.07	0.04	0,34
10. Розгорнути $\varnothing 20H7$	0.06	0.07	0.04	0,34
$T_{шт} = 13,23$	7,28	1,17	1,72	3,06

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 020 Свердлувально-фрезерно-розточувальна з ЧПК				
1. Фрезерувати контур деталі	2.54	0.06	0.04	0.34
2. Центрувати торець під 10 отворів	0.17	0.13	0.36	0.34
3. Свердлувати 4 отвори Ø15	0.42	0.09	0.16	0.34
4. Свердлувати 2 отвори Ø8	0.2	0.05	0.08	0.34
5. Свердлувати 4 отвори Ø4.8	0.57	0.09	0.16	0.34
6. Нарізати різь в 4 отворах М6	0.22	0.09	0.16	0.34
7. Згладити в 4 отворах фаски цековкою Ø7	0.04	0.09	0.16	0.34
$T_{шт}=8,26$	4.16	0.6	1.12	2.38
Операція 025 Радіально-свердлильна				
1. Свердлити 3 отвори Ø4	0.56	-	-	-
2. Свердлити 2 отвори Ø21,8	0.31	-	-	-
3. Нарізати різь в 2 отворах М24	0.14	-	-	-
Операція 030 Радіально-свердлильна				
1. Свердлити отвір Ø3	0.33	-	-	-

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Проектування та розрахунок спеціального верстатного пристрою

Пристрій спеціальний (операція 020)

Розрахунок похибки базування за рис.3.1.

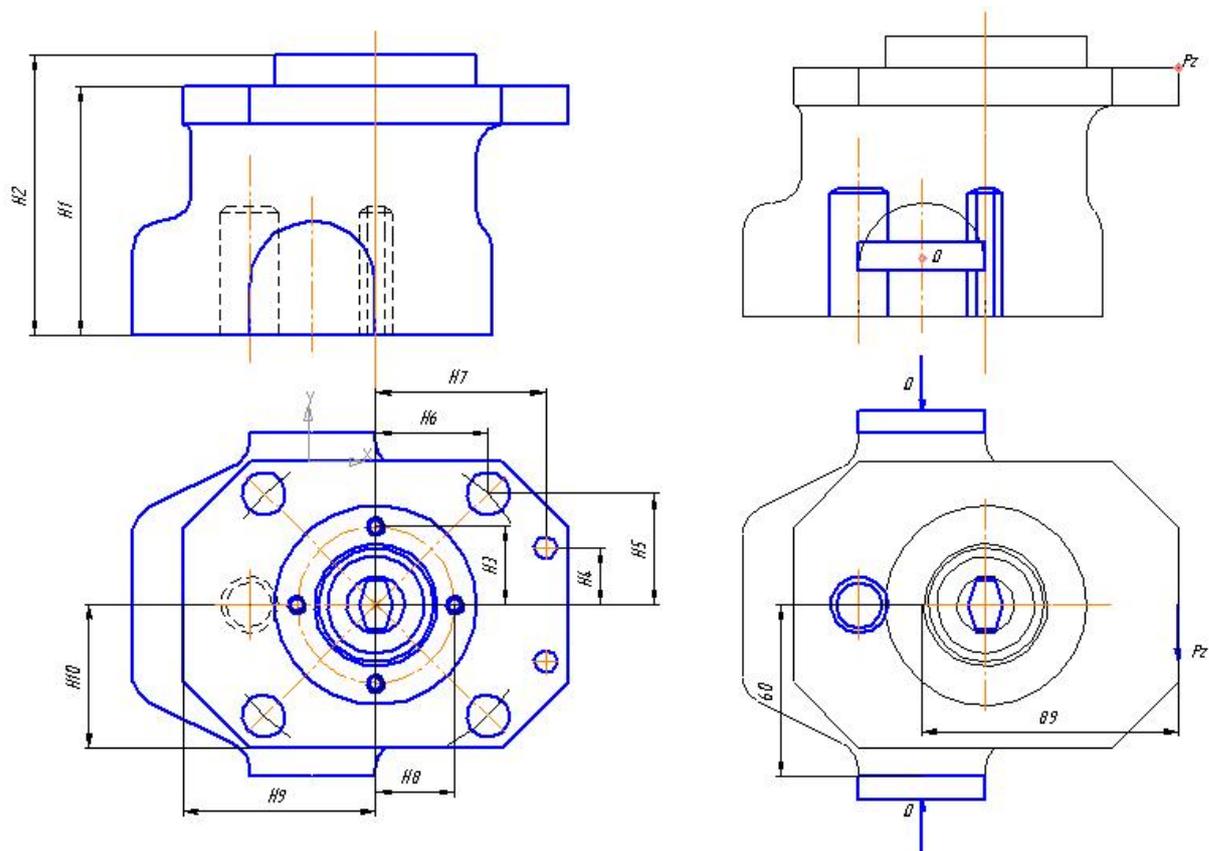


Рис.3.1. Базування деталі в пристосуванні

$H1=0$; $H2=0$; $H3=0$; $H4=0$; $H5=0$; $H6= \epsilon1+ \epsilon2=0,042\text{мм}$; $H7= \epsilon1+ \epsilon2=0,042\text{мм}$; $H8= \epsilon1+ \epsilon2=0,042\text{мм}$; $H9= \epsilon1+ \epsilon2=0,042\text{мм}$; $H10= 0$;

$\epsilon1=0,021\text{мм}$ – допуск на розмір пальця $20h7$;

$\epsilon2=0,021\text{мм}$ – допуск на розмір отвору $20H7$;

Розрахунок схем затискання та схем взаємодії сил та моментів різання, що діють на заготовку в процесі обробки та визначення необхідної величини сили затиску заготовки.

					Арк.
					32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Перехід 1

$$t = 2.5 \text{ мм};$$

$$s = 0,16 \text{ мм/зуб};$$

$$z=3;$$

$$T = 120 \text{ хв.};$$

$$V = 65 \text{ м/хв.};$$

$$n = 690 \text{ об/хв.};$$

Колова сила при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad \text{де}$$

K_{MP} - коефіцієнт враховуючий якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{MP} = \left(\frac{HV}{190} \right)^n ;$$

$$n = 0,5 ;$$

$$K_{MP} = \left(\frac{165}{190} \right)^{0,5} = 0,93$$

$$C_p = 30; q = 0.86; x = 0,86; y = 0,72; u = 1; w = 0 ;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 30 \cdot 2.5^{0,86} \cdot 0,16^{0,72} \cdot 15^1 \cdot 3}{30^{0,86} \cdot 690^0} \cdot 0,93 = 395 \text{ Н}$$

Для розрахунку необхідної сили затиску на затискачах використовуємо формулу:

$$Q = K \cdot P_z \cdot \alpha / c \cdot f \cdot n = 2.6 \cdot 395 \cdot 67 / 60 \cdot 0.15 \cdot 2 = 3800 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 = 1,5 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 = 2,6.$$

K_0 – гарантований коефіцієнт запасу надійності закріплення, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності заготовок;

K_2 – коефіцієнт що враховує збільшення сили різання через затуплення інструменту;

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_3 – коефіцієнт що враховує збільшення сили різання через переривчасте різання,

K_4 – враховує непостійність затискання;

K_5 – враховує степінь зручності розміщення рукояток для затискання;

K_6 – враховує невпевненість при великій площі контакту затискного елемента;

Так, як K менший за 2.5 то приймаємо його рівним 2.5 для гарантованого затискання заготовки.

s, a – розміри лінійні за ескізом;

n – кількість затискачів;

f – сила тертя між затискачами та деталлю.

Розрахунок зусиль на плунжері:

$$Q_1 = Q \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{1}{\eta_1}, \text{ де}$$

l_1, l_2 – довжина плеч важільного механізму (мм);

η_1 – ККД важільного механізму;

$$Q_1 = 3800 \frac{90}{110} \cdot \frac{1}{0.95} = 3270 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля на штоці пневмоциліндра розраховуються за формулою:

$$P_{np} = \frac{2 \cdot (Q_1 + q) \cdot [tg(\alpha + \varphi_{np}) + tg(\varphi_{np})]}{(1 - tg(\alpha + \varphi_{np}) \cdot tg(\varphi_{np}))}, \text{ де}$$

$q=50$ Н – опір пружини в плунжері;

$\alpha = 10^\circ$ - кут нахилу площини клина;

φ_{np} - приведений кут тертя на похилій площині клина;

$$\varphi_{np} = arctgf \cdot \frac{d}{d_1} = arctg0.1 \cdot \frac{12}{24} = 2.86^\circ$$

$$\varphi_{np} = f \cdot \frac{3 \cdot l}{\alpha} = 0.1 \cdot \frac{3 \cdot 12}{36} = 0.1$$

$$P_{np} = \frac{2 \cdot (3270 + 50) \cdot [tg(10 + 2.86) + tg(2.86)]}{(1 - tg(10 + 2.86) \cdot 0.1)} = 1890 \text{ Н}$$

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При відомій силі затиску $P_{пр}$ на штоці пневмоциліндра розрахуємо діаметр поршня.

Для пневмоциліндра двосторонньої дії при подачі зжатого повітря в штокову частину:

$$P_{np} = \frac{\pi(D_{ц}^2)}{4} P \cdot \eta$$

Де P тиск в мережі, $P=0,4 \cdot 10^6$ Па

η – де ККД пневмоциліндра, $\eta=0,95$.

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{np}}{\pi \cdot P \cdot \eta}} ;$$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1900}{3,14 \cdot 40 \cdot 0,95}} 79,8 \text{ мм.}$$

Вибираємо найближче більше значення діаметру пневмоциліндра за державним регламентом (ДСТУ):

$$D_{ц} = 80 \text{ мм, } d_{шт} = 12 \text{ мм.}$$

**Визначення фактичної сили затискання заготовки в пристрої.
Розрахунок механізованого приводу пристрою. Перевірка умови надійного затискання заготовки в пристрої**

Дійсна сила на штоці:

$$P_{пр} = \frac{3,14(80^2)}{4} 40 \cdot 0,95 = 1910 \text{ Н}$$

Перевірка виконання умов надійності:

$$P_p < P_{пр}$$

$$1885 \text{ Н} < 1910 \text{ Н}$$

Сила затиску більша за необхідну, отже, умова надійного затиску заготовки виконується.

Загальний вигляд конструкції спеціального верстатного пристрою представлено на рис.3.2.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

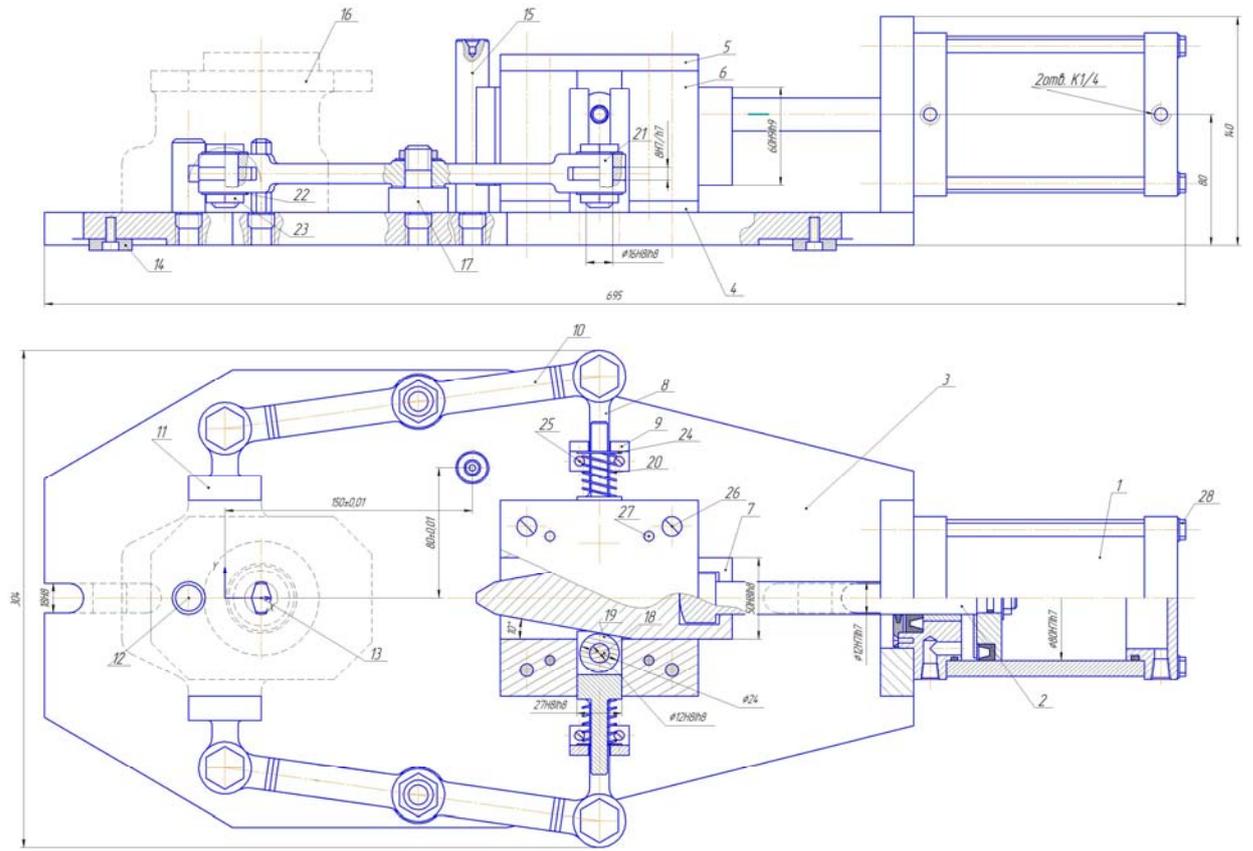


Рис.3.2. Спеціальний верстатний пристрій

					Арк.
					36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто всі етапи проєктування, виготовлення та контролю якості деталі, що є складовою частиною певної конструкції. Основні результати та висновки, отримані в кожному розділі, можна підсумувати наступним чином:

1. Загальнотехнічний розділ
 - Визначено призначення деталі та умови її роботи у складальній одиниці, що дозволило встановити основні експлуатаційні вимоги.
 - Виконано конструкторський контроль креслення деталі, що дозволило виявити можливі недоліки та узгодити їх з технологічними вимогами.
 - Встановлено технічні вимоги на виготовлення деталі, зокрема щодо точності, шорсткості поверхонь та допустимих відхилень.
2. Технологічний розділ
 - Проведено аналіз конструкції деталі на технологічність, що дало можливість визначити її відповідність виробничим вимогам та спростити процес виготовлення.
 - Визначено тип виробництва відповідно до серійності та вимог до якості.
 - Обґрунтовано вибір способу отримання заготовки, що враховує мінімізацію витрат матеріалів і часу на подальшу обробку.
 - Розроблено технологію виготовлення деталі, яка включає вибір оптимальних методів механічної обробки.
 - Виконано розрахунок припусків на обробку, що забезпечує досягнення необхідних параметрів точності та шорсткості.
 - Проведено розрахунок режимів різання та норм часу, що дозволило визначити ефективні режими роботи обладнання для досягнення високої продуктивності.
3. Конструкторський розділ
 - Спроектовано та виконано розрахунок спеціального верстатного пристрою, що сприяє підвищенню точності обробки деталі та зменшенню часу на її виготовлення.

Загалом, виконана робота дозволяє зробити висновок про ефективність розроблених технічних рішень, які сприяють підвищенню продуктивності, зниженню собівартості та покращенню якості виготовлення деталі. Дотримання запропонованих рекомендацій у виробничому процесі сприятиме підвищенню надійності та довговічності виробу.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів.: Світ, 1996. – 368 с.
2. Тимошенко В. В. Технологія машинобудування: підручник. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 336 с.
3. Бураков В. М. Деталі машин і основи конструювання: навч. посіб. / В. М. Бураков, О. І. Пащенко. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 312 с.
4. Григоренко І. О. Основи технологічного забезпечення якості машинобудівної продукції: навч. посіб. – Київ: НАУ, 2019. – 246 с.
5. Воробйов В. П. Технологія виготовлення деталей машин: навч. посіб. – Київ: КНУБА, 2020. – 248 с.
6. Чалий В. В. Типові технологічні процеси обробки корпусних деталей: навч. посіб. – Суми: СумДУ, 2018. – 190 с.
7. Гавриш І. М. Основи проектування технологічних процесів: навч. посіб. – Львів: Видавництво ЛНТУ, 2022. – 224 с.
8. Технологічне проектування в машинобудуванні: навч. посіб. / за ред. Ю. В. Похилька. – Київ: Арістей, 2020. – 324 с.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		