

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: «Техніко-технологічні аспекти виготовлення корпусу
зубчастого насосу об'ємного типу»

КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 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]
ВОВК Максим

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ХАРАК Руслан

Полтава – 2026 року

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

Освітньо-професійна програма «*Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва*»

Спеціальність 133 «*Галузеве машинобудування*»
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ Станіслав ПОПОВ
03 грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ВОВК Максим

1 Тема роботи: «*Техніко-технологічні аспекти виготовлення корпусу
зубчастого насосу об'ємного типу*»,

керівник роботи **канд. техн. наук, доцент ХАРАК Руслан**,
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *насос: продуктивність, м³/год, 120; робочий тиск, МПа, 0,5...0,6; частота обертання, об/хв., 1510; габаритні розміри L×B×H, мм, 590×532×312; маса, кг, 110,0; річна програма випуску, шт., 150.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *складальний кресленник вузла, що вноситься на розгляд; кресленник деталі вузла; кресленник заготовки деталі вузла; складальний кресленник технологічного оснащення.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна ЗАГРЕБЕЛЬНА, доцент кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Максим ВОВК
(підпис)

Керівник роботи _____ Руслан ХАРАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 1 рисунок, 3 таблиці, 50 використаних джерел, 38 сторінок.

Об'єкт розробки – насос зубчастий об'ємного типу.

Предмет розробки – сукупність технічних і технологічних рішень, спрямованих на забезпечення ефективного виготовлення корпусу зубчастого насоса об'ємного типу із заданими показниками точності, якості поверхонь та екологічності виробництва.

Постановка актуальної технічної задачі – розробка оптимального техніко-технологічного рішення стосовно виготовлення деталі, що забезпечить її відповідність експлуатаційним характеристикам при мінімальних витратах за умов визначеного типу виробництва.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розроблення базових положень підготовки виробництва для забезпечення потреб ринку.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка документації для впровадження на машинобудівному підприємстві, що спеціалізується на виготовленні вузла.

У загальному розділі наведено загальні положення щодо вузла, винесеного на розгляд.

У технологічному розділі проведено відпрацювання на технологічність виробу та його деталі. Запропоновано маршрути обробки поверхонь корпусу. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним методом.

У конструкторському розділі було запропоновано конструкцію верстатного пристосування для реалізації свердління під час верстатної обробки корпусу. Проведено основні силові розрахунки, у тому числі слабкої ланки на міцність.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки корпусу, проаналізовано потенційні небезпеки зготівельного виробництва, а також оцінено його вплив на навколишнє середовище.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленник насосу зубчастого (продуктивність, м³/год, 120; робочий тиск, МПа, 0,5...0,6; частота обертання, об/хв., 1510; габаритні розміри L×B×H, мм, 590×532×312; маса, кг, 110,0; річна програма випуску, шт., 150), кресленник корпусу, кресленник заготовки корпусу, складальний кресленник верстатного оснащення.

Рекомендації щодо використання результатів роботи корпус входить до складу насосу зубчастого об'ємного типу, що використовується для

примусової подачі мастильного матеріалу до вузлів тертя з метою зменшення зношування

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1. Текст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи пройшов перевірку на плагіат за допомогою відповідного сервісу і є оригінальним.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція насосу зубчастого. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено аналіз вузла і деталі на технологічність. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію верстатного пристосування для одночасного свердління чотирьох отворів, визначено силові характеристики. Розраховано слабку ланку на міцність. Визначено економічну ефективність заготівельного виробництва. Проаналізовано потенційні небезпеки заготівельного виробництва. Оцінено його вплив на навколишнє середовище.

НАСОС ЗУБЧАСТИЙ, КОРПУС, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ОСНАЩЕННЯ ВЕРСТАТНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

ANNOTATION

The bachelor's qualification thesis examines the design of a gear pump. The functional purpose of the assembly is presented. An analysis of the housing accuracy parameters has been carried out. The structural material used for manufacturing is characterized. The type of production has been determined. An analysis of the assembly and the component manufacturability has been conducted. A machining process route for the housing surfaces has been developed. Machining allowances and operational dimensions have been determined. A machine fixture design for the simultaneous drilling of four holes has been developed and its force characteristics have been determined. The weak element has been calculated for strength. The economic efficiency of blank production has been determined. Potential hazards of blank production have been analyzed. Its impact on the environment has been assessed.

GEAR PUMP, HOUSING, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING PROCESS ROUTE, MACHINING ALLOWANCE, MACHINE TOOL FIXTURE, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, OCCUPATIONAL SAFETY, ENVIRONMENTAL PROTECTION

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	11
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	13
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	17
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	17
2.2 Обробка поверхонь	21
2.3 Розробка маршруту виготовлення деталі	22
2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	26
3.1 Розробка конструкції затискного пристосування	26
3.2 Розрахунок силових параметрів	28
3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність	29
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	31
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	31
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	31
4.2 Аналіз потенційних небезпек під час чавунного литва корпусу	33
4.3 Вплив ливарного виробництва на навколишнє середовище	34
ВИСНОВКИ	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	39

					КРБ.1331 М5д_31[2].02.00.00 000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			Літера	Аркуш	Аркушів		
Виконав	Вовк М.О.							н	5	38		
Перевірив	Харак Р.М.							ПДАУ, 2026 р.				
Керівник	Харак Р.М.											
Н. контр.	Харак Р.М.											
Затверд.	Попов С.В.											

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового виробництва нерозривно пов'язаний із підвищенням ефективності використання машин і обладнання, надійність та довговічність яких значною мірою визначається якістю виготовлення їх складових елементів. Одним із ключових вузлів багатьох машин є насос зубчастий об'ємного типу. Він забезпечує безперебійну подачу мастильних матеріалів до тертьових поверхонь, знижуючи зношування та підвищуючи ресурс роботи техніки.

Особливе значення має корпус насоса як базова деталь, що визначає точність взаємного розташування елементів, герметичність системи та загальну працездатність вузла. Вимоги до точності виготовлення шорсткості поверхонь, матеріалу та технологічності конструкції корпусу обумовлюють необхідність удосконалення технологічних процесів його виробництва.

У сучасних умовах машинобудування важливим завданням є розроблення ефективного технологічного забезпечення виготовлення деталей, яке включає вибір раціональних заготовок, оптимальних методів обробки, сучасного обладнання, інструменту та засобів контролю. Це дозволяє підвищити якість продукції, знизити собівартість та забезпечити конкурентоспроможність виробництва [32].

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос зубчастий об'ємного типу, а **предметом** – сукупність технічних і технологічних рішень, спрямованих на забезпечення ефективного виготовлення корпусу зубчастого насоса об'ємного типу із заданими показниками точності, якості поверхонь та економічності виробництва.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовується для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

						КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри;

- сконструювати верстатне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також розрахувати його;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також проаналізувати потенційні небезпеки заготівельного виробництва та оцінити його вплив на навколишнє середовище;

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Зубчастий насос (див. графічну частину, таблиця 1) є одним із ключових вузлів системи змащування машин. Він призначений для примусової подачі мастильного матеріалу до вузлів тертя з метою зменшення зношування, а також відведення тепла, забезпечення надійної та довговічної роботи механізмів. Даний насос належить до насосів об'ємного типу. В них переміщення робочої рідини здійснюється за рахунок зміни об'єму робочих камер, утворених між зубцями шестерень та внутрішніми поверхнями корпусу.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу зубчастого

Назва параметра	Величина
Подача, м ³ /год.	120
Тиск робочий, МПа	0,5
Частота обертання валу, об/хв.	1510
Габаритні розміри, мм	600×530×320
Маса, кг	110,0

Принцип роботи вузла полягає у наступному. Обертання від приводу передається на ведучу шестерню. Вона через зачеплення приводить у рух ведену шестерню. У процесі обертання в зоні всмоктування між зубцями шестерень утворюється розрідження. Внаслідок цього маєло надходить у порожнини між зубцями. Далі воно транспортується вздовж внутрішньої поверхні корпусу до зони нагнітання. Там, в результаті зменшення об'єму, витісняється до напірного каналу.

Конструктивно насос складається з корпусу. Він є базовою деталлю та забезпечує розміщення і взаємну орієнтацію всіх елементів вузла. У середині

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

корпусу встановлені ведуча і ведена шестерні. Вони працюють у зачепленні та формують робочі камери. Ведуча шестерня отримує обертальний рух від приводу. Ведена – обертається за рахунок взаємодії із нею. Для забезпечення точності обертання та зменшення втрат на тертя використовуються підшипники. Вони підтримують вали шестерень.

Корпус закривається кришкою. Вона разом із прокладкою забезпечує герметичність робочої порожнини та запобігає витіканню мастильного матеріалу. Для регулювання тиску в системі передбачено запобіжний клапан із пружиною. Він обмежує максимальний тиск, перепускаючи надлишок масла назад у всмоктувальну порожнину або зливну магістраль. Наявність притискувальної втулки, обойми та інших допоміжних елементів забезпечує надійне кріплення і правильне функціонування рухомих частин вузла.

Важливу роль у роботі насоса відіграють ущільнювальні елементи та різьбові з'єднання (гайки, пробки). Вони гарантують герметичність і зручність обслуговування. Штифти та замкові елементи забезпечують фіксацію деталей від провертання та зміщення під час роботи. Висока точність виготовлення корпусу та робочих поверхонь шестерень є критично важливою умовою забезпечення мінімальних витоків, стабільного тиску та довговічності насоса.

Таким чином, зубчастий насос забезпечує безперервну циркуляцію мастильного матеріалу в системі. Його конструкція та технологічне виконання безпосередньо впливають на надійність і ефективність роботи всієї машини.

Корпус зубчастого насоса (див. графічну частину) є базовою, найбільш відповідальною деталлю вузла. Вона забезпечує розміщення, взаємну орієнтацію та надійну роботу всіх складових елементів насоса. Корпус виконує одночасно силову, герметизуючу та напрямну функції. Він сприймає механічні навантаження від робочих органів, тиск робочої рідини. Окрім того, забезпечує необхідну точність взаємного розташування шестерень, підшипників, а також ущільнювальних елементів.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Деталь має складну просторову форму з поєднанням циліндричних, конічних і площинних поверхонь. Основу конструкції становить видовжене тіло обертання з внутрішньою порожниною. Вона утворює робочу камеру насоса. Внутрішній отвір має ступінчасту будову. Окремі його ділянки призначені для розміщення шестерень, підшипників та ущільнень. Це обумовлює підвищені вимоги до точності обробки, співвісності та шорсткості поверхонь. Робочі поверхні, по яких переміщується мастильний матеріал повинні мати малу шорсткість для зменшення гідравлічних втрат, а також запобігання інтенсивному зношуванню.

З одього боку корпус має фланцеву частину з чотирма отворами для кріплення. Це забезпечує його надійне приєднання до суміжних елементів конструкції. Центральний отвір у фланці виконує функцію базування та одночасно слугує каналом. З іншого боку передбачено різбовий отвір, який використовується для монтажу допоміжних елементів, підключення до системи змащування. Наявність різьби вимагає високої точності її виконання та чистоти поверхні. Саме вона впливає на герметичність з'єднання.

У конструкції корпусу передбачено також ряд допоміжних отворів меншого діаметра. Вони використовуються для кріплення кришок, встановлення штифтів, підведення мастильних каналів. Частина з них має зенкування або фаски. Це полегшує складання, забезпечує правильне центрування кріпильних елементів. Для зменшення концентрації напружень, покращення технологічності усі переходи між поверхнями виконані з радіусами заокруглень, а гострі краї зняті фасками.

Зовнішня поверхня корпусу має переважно литую форму з подальшою механічною обробкою базових та посадкових поверхонь. Як матеріал деталі використано сірий чавун (АЧС-1 за ДСТУ 3922-99). Він забезпечує добрі ливарні властивості, достатню міцність, зносостійкість і здатність гасити вібрації. Вимоги до твердості матеріалу обумовлені умовами роботи деталі та становлять не менше встановленого рівня. Це гарантує довговічність корпусу в умовах дії змінних навантажень і контакту з мастильним середовищем.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Особливу увагу приділено точності взаємного розташування отворів і базових поверхонь. Відхилення від співвісності та паралельності обмежені жорсткими допусками. Це є необхідною умовою нормальної роботи зубчастого зачеплення і підшипникових вузлів. Також регламентовано биття окремих поверхонь відносно базових осей. Це впливає на рівномірність обертання шестерень, рівень шуму під час роботи насосу.

Таким чином, корпус зубчастого насоса є складною в конструктивному та технологічному відношенні деталлю. Вона визначає експлуатаційні характеристики всього вузла. Його геометрична точність, якість обробки поверхонь і матеріал безпосередньо впливають на ефективність, надійність і ресурс роботи масляного насоса в цілому.

4.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі (див. графічну частину) дані про точність виготовлення та вимоги до точності даної деталі [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Аналіз точності корпусу зубчастого насоса за поданим кресленням свідчить, що дана деталь належить до відповідальних корпусних елементів із підвищеними вимогами до геометричної точності. Саме вона визначає взаємне розташування робочих органів насоса, герметичність і стабільність його роботи. Точність деталі забезпечується системою розмірних, формо- та взаємнорозташувальних допусків, також вимогами до шорсткості поверхонь. Вони безпосередньо впливають на функціонування вузла.

Основними базовими поверхнями виступають внутрішні циліндричні отвори та торцеві площини. Від них задається більшість розмірів і допусків. Центральний отвір має квалітет точності на рівні H7, що відповідає підвищеній точності обробки та забезпечує необхідну посадку спряжених деталей. Такий рівень точності

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

обумовлений необхідністю забезпечення мінімальних радіальних зазорів і стабільності обертання шестерень без перекосів і додаткових навантажень.

Для зовнішніх і менш відповідальних поверхонь застосовані більш грубі квалітети. Це є технологічно обґрунтованим. Дозволяє знизити трудомісткість виготовлення без втрати функціональних характеристик. При цьому посадкові поверхні під підшипники та ущільнення мають підвищені вимоги до точності та шорсткості. Це підтверджується малими значеннями параметра шорсткості (до Ra 0,5...2,5), тоді як для допоміжних поверхонь допускаються значення до Ra 16.

Важливим показником є забезпечення співвісності внутрішніх отворів. На кресленнику задано допуск взаємного розташування зокрема співвісності або позиційного відхилення, на рівні 0,05 мм відносно бази, що свідчить про високі вимоги до точності складання та роботи вузла. Це забезпечує правильне зачеплення шестерень і рівномірний розподіл навантаження по їх ширині, що зменшує зношування та підвищує довговічність насоса.

Окремо регламентовано біття торцевих поверхонь відносно базових осей. Воно не повинно перевищувати 0,5 мм. Така вимога спрямована на забезпечення рівномірного притискання ущільнювальних елементів і запобігання витіканню мастильного матеріалу. Крім того, площинність окремих поверхонь контролюється методом фарбування. Це дозволяє оцінити якість прилягання, герметичність з'єднань.

Значна увага приділена точності розташування отворів під кріпильні елементи. Їх координатні розміри та взаємне розташування визначають правильність складання вузла і рівномірність розподілу зусиль у з'єднаннях. Наявність фасок і зенкувань сприяє зниженню впливу похибок складання та полегшує монтаж.

Таким чином, аналіз кресленника показує, що точність корпусу зубчастого насоса забезпечується комплексом взаємопов'язаних параметрів: точністю розмірів, формою поверхонь, їх взаємним розташуванням і шорсткістю. Найбільш жорсткі вимоги пред'являються до базових і посадкових поверхонь. Вони безпосередньо впливають на роботу шестерень і підшипників. Допоміжні елементи мають менш

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

суворі допуски. Такий підхід дозволяє досягти необхідної функціональної точності вузла при раціональних витратах на його виготовлення.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні деталі використано чавун марки АЧС-1 ДСТУ 3925-99 [24, 37]. Він належить до антифрикційних сірих чавунів, спеціально призначених для роботи в умовах тертя ковзання та взаємодії з мастильними середовищами (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі, замінника [24]

Чавун	σ_b , МПа	Твердість, МПа	Масова частка хімічних елементів, %						
			C	Si	Mn	Cr	Cu	Не більше ніж	
								P	S
АЧС-1	5-14	1800...2400	3,2-3,6	1,3-2,0	0,6-1,2	0,2-0,4	1,3-2,0	0,15-0,3	0,12
АЧС-2	10	1800...2300	3,2-3,8	1,4-2,2	0,4-0,7	0,2-0,4	0,3-0,5	0,15-0,4	0,12

Матеріал належить до антифрикційних сірих чавунів, спеціально призначених для роботи в умовах тертя ковзання та взаємодії з мастильними середовищами. Його застосування для виготовлення корпусу масляного насоса є технологічно та експлуатаційно обґрунтованим. Такий матеріал поєднує достатню міцність, добрі антифрикційні властивості, високу зносостійкість і здатність до гасіння вібрацій.

Структурно чавун АЧС-1 характеризується наявністю пластинчастого графіту в перлітно-феритній металевій основі. Саме графітові включення відіграють ключову роль у забезпеченні антифрикційних властивостей. Вони зменшують

коефіцієнт тертя, сприяють утворенню стабільної мастильної плівки та знижують схильність до заїдання при роботі спряжених поверхонь. Це особливо важливо для корпусних деталей насосів, де можливий контакт із рухомими елементами, впливом потоку робочої рідини. Перлитна складова структури забезпечує необхідну твердість і міцність, тоді як ферит надає матеріалу певної пластичності та знижує крихкість.

Механічні властивості чавуну АЧС-1 відповідають умовам роботи корпусних деталей середньої навантаженості. Матеріал має достатню міцність на стиск і задовільну міцність на розтяг. Твердість на рівні. Усе це дозволяє забезпечити довговічність робочих поверхонь без значного зношування. При цьому важливою перевагою є висока демпфувальна здатність (здатність поглинати вібрації та коливання). Це позитивно впливає на роботу насосу, зменшує шум, підвищує стабільність функціонування вузла.

З технологічної точки зору чавун АЧС-1 має добрі ливарні властивості. Це дозволяє отримувати складні за формою корпусні деталі з мінімальними внутрішніми напруженнями та дефектами. Він характеризується доброю рідкоплинністю, незначною усадкою, високою заповнюваністю форми. Це особливо важливо при виготовленні деталей зі складною внутрішньою геометрією, таких як корпус масляного насоса. Даний матеріал добре піддається механічній обробці. Наявність графіту сприяє кращому ламанню стружки, зменшує зношування ріжучого інструменту, дозволяє отримувати поверхні із необхідною шорсткістю без значних витрат.

Важливою характеристикою є також корозійна стійкість у мастильних середовищах. Чавун АЧС-1 достатньо стійкий до впливу мастил, технічних рідин. Це забезпечує стабільність властивостей деталі протягом тривалого терміну експлуатації. Разом з тим, як і більшість сірих чавунів, він є відносно крихким матеріалом і чутливим до ударних навантажень. Тому конструкція деталі повинна уникати різких переходів перерізів, концентрацій напружень.

У випадках, коли необхідно змінити матеріал з технологічних або економічних причин, можливе застосування заміників. До них належать інші марки

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

антифрикційних чавунів, зокрема АЧС-2 або АЧВ. Вони мають подібні експлуатаційні властивості, але можуть відрізнятися за структурою або рівнем міцності. Також у деяких випадках допускається використання високоміцного чавуну з кулястим графітом. Він має кращі механічні властивості та вищу ударну в'язкість. Однак поступається за антифрикційними характеристиками і є дорожчим у виробництві. Альтернативою може бути й сірий чавун загального призначення (наприклад, типу СЧ20–СЧ25). При цьому необхідно враховувати можливе зниження зносостійкості та антифрикційних властивостей.

Отже, застосування чавуну АЧС-1 для виготовлення корпусу масляного насоса є раціональним вибором. Він забезпечує оптимальне поєднання експлуатаційних, технологічних і економічних характеристик. Його властивості відповідають умовам роботи деталі. Дозволяють ефективно реалізувати вимоги до точності та якості поверхонь при виготовленні. Остаточо зазначаємо матеріал, призначений саме конструктором.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попиту ринку в деталях корпусу насоса зубчастого у кількості 150 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

$N_{\text{зч}}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 2-5% від програми випуску, тис. од;

						КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			15

k_{op} – коефіцієнт що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.
Приймаємо рівним 2,3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (150 + 0,04 \cdot 150) \cdot (1 + 0,025) = 160 \text{ (шт.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Даний розділ має на меті комплексну оцінку конструктивних і технологічних рішень, закладених у виробі, з позицій ефективності його виготовлення, складання та подальшої експлуатації. У процесі аналізу розглядається відповідність конструкції деталі вимогам сучасного машинобудівного виробництва, зокрема можливість застосування типових і прогресивних методів обробки, рівень уніфікації та стандартизації елементів, а також доцільність вибору матеріалу з урахуванням умов роботи та технологічних властивостей [23].

Особлива увага приділяється формі та геометричним параметрам деталі, які повинні забезпечувати зручність обробки на універсальному або спеціалізованому обладнанні, мінімізацію кількості установок і переходів, а також зниження трудомісткості виготовлення. Аналізується можливість використання стандартного інструменту, протосувачів і вимірювальних засобів, що безпосередньо впливає на собівартість виробу та стабільність якості.

Важливим аспектом є оцінка технологічності з точки зору забезпечення необхідної точності та шорсткості поверхонь. Конструкція деталі повинна передбачати раціональне розміщення базових поверхонь, що спрощує процес базування та закріплення під час механічної обробки. Крім того, враховується взаємозамінність елементів вузла, що дозволяє підвищити ремонтпридатність і скоротити час складання.

При аналізі вузла в цілому оцінюється раціональність його структурної побудови, кількість складових елементів, зручність доступу до з'єднань і можливість механізації або автоматизації складальних операцій. Також враховується доцільність застосування роз'ємних і нероз'ємних з'єднань, що впливає на експлуатаційні характеристики та можливість технічного обслуговування.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Узагальнюючи технологічність вузла та деталі визначається як сукупність властивостей конструкції, які забезпечують мінімальні витрати праці, матеріалів і часу при збереженні необхідного рівня якості та надійності виробу. Проведений аналіз дозволяє виявити можливі резерви вдосконалення конструкції та запропонувати шляхи підвищення ефективності виробництва.

Аналіз технологічності даного вузла зубчастого насоса (див. графічну частину) свідчить про загалом раціональне конструктивне виконання, яке відповідає вимогам серійного машинобудівного виробництва. Незважаючи на це, наявні окремі особливості. Вони впливають на трудомісткість виготовлення та складання. Основні елементи вузла (корпус 1 та 8) мають складну просторову форму з внутрішніми порожнинами та каналами. Це обмежує доцільність виготовлення литвом з подальшою механічною обробкою базових поверхонь, посадочних місць під підшипники (17) та шестерні (14, 18). Конструкція корпусів є достатньо технологічною. Передбачає чистоту площин для базування, однак значна кількість отворів і різьбових з'єднань потребує багатоопераційної обробки. Це підвищує трудомісткість.

Зубчаста передача утворена ведучою (14) та веденою (18) шестернями, виконана за класичною схемою. Це є позитивним фактором технологічності, оскільки дозволяє застосовувати стандартні методи виготовлення зубчастих коліс. При цьому важливо, що посадочні місця під шестерні та підшипники узгоджені. Це спрощує забезпечення співвісності та знижує вимоги до додаткового регулювання під час складання. Водночас необхідність забезпечення високої точності зачеплення підвищує вимоги до чистої обробки та контролю.

Вузол механізму, що визначає клапан (11), пружину (7), втулку притискну (9), гайки (5, 10) та повідок зубчастий (6), характеризується достатньою уніфікацією елементів, зокрема різьбових з'єднань і пружинних деталей. Це позитивно впливає на технологічність. Конструкція замка (4) та планки (2) забезпечує фіксацію елементів. Наявність дрібних деталей і необхідність їх точної взаємної орієнтації

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

дещо ускладнює процес складання, може вимагати застосування спеціальних пристосувань.

Кришка (15) і обода (3) виконують функції закриття та фіксації. Їх конструкція є технологічно доцільною. Вона передбачає прості форми та доступність для механічної обробки. Використання прокладки (12) забезпечує герметичність з'єднання без необхідності високоточної обробки стикових поверхонь. Це знижує вимоги до точності та, відповідно, собівартість. Пробка (13) і штифт (16) також підвищують рівень уніфікації вузла.

Загалом конструкція вузла забезпечує зручний доступ до основних складових при складанні та обслуговуванні. Це є важливим показником технологічності. Роз'ємність основних з'єднань дозволяє проводити ремонт і заміну окремих елементів без повного розбирання виробу. Разом з тим, значна кількість різьбових з'єднань і необхідність забезпечення герметичності вимагають додаткових операцій контролю та використання ущільнювальних матеріалів.

Отже, вузол характеризується достатньо високим рівнем технологічності завдяки використанню типових конструктивних рішень, уніфікованих елементів і раціональному компонуванню. Складність литого корпусу та підвищені вимоги до точності зубчастого зачеплення залишаються основними факторами, що впливають на трудомісткість виготовлення.

Технологічність корпусу (дав. графічну частину) визначається передусім способом отримання як заготовки так і подальшою механічною обробкою. У даному випадку конструкція чітко орієнтована на виготовлення литвом із чавуну марки АЧС-1. Форма деталі є достатньо складною, однак раціональною для литва. Наявні плавні переходи, радіуси заокруглень, відсутність різких концентраторів напружень. Це сприяє зменшенню ливарних дефектів, покращує заповнення форми. Конусність поверхонь, а також передбачені ухили забезпечують виймання моделі з форми без ускладнень. Це є позитивним показником технологічності заготовки.

Конструкція має розвинену систему внутрішніх порожнин і каналів. Вони формуються за допомогою стрижнів, що дещо ускладнює ливарний процес і

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

підвищує вимоги до точності виготовлення стрижневої оснастки. Внутрішні циліндричні поверхні конструктивно узгоджені між собою. Це дозволяє виконувати їх обробку з мінімальною кількістю установок, використовуючи послідовне розточування від єдиної бази. Це суттєво підвищує технологічність, оскільки забезпечується співвісність. Зменшується похибка взаємного розташування поверхонь.

Конструкція корпусу передбачає наявність чітко визначених базових поверхонь, зокрема торцевих площин і центральних отворів. Це спрощує процес базування при механічній обробці. Більшість оброблюваних поверхонь є доступними для інструменту. Це дозволяє застосовувати стандартне металорізальне обладнання без необхідності спеціальних пристосувань. Родночас значна кількість отворів різного діаметра потребує багатоопераційної обробки. Це підвищує трудомісткість, а також вимагає точного дотримання координатного розташування.

Показники точності та шорсткості поверхонь є диференційованими і призначені раціонально. Більш точні значення задані для функціональних поверхонь, що контактують із рухомими деталями, забезпечують герметичність, тоді як менш відповідальні поверхні мають грубішу обробку. Це позитивно впливає на загальну технологічність. Це дозволяє уникнути надмірної точності там, де вона не потрібна. Вимоги до співвісності, биття та перпендикулярності є достатньо жорсткими. Це підвищує вимоги до точності обробки, але водночас є обґрунтованими з точки зору функціонування вузла.

Фланцева частина корпусу з чотирма отворами під кріплення виконана симетрично. Це значно спрощує як обробку, так і складання, оскільки забезпечує взаємозамінність і правильну орієнтацію деталей без додаткових налаштувань. Наявність фасок і зенкувань також свідчить про врахування зручності складання та зменшення ризику пошкодження ушкоджувальних елементів.

Отже, корпус характеризується достатньо високим рівнем технологічності як литої заготовки з подальшою механічною обробкою. Раціональне поєднання формують елементів, наявність базових поверхонь і диференційовані

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

вимоги до точності сприяють ефективному виготовленню. Основними чинниками, що ускладнюють технологію, залишаються складність внутрішніх порожнин, необхідність використання стрижнів при литві та значна кількість отворів, які потребують точної обробки та контролю.

2.2 Обробка 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:

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

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:

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

Приклад, для обробки поверхні $\varnothing 60H7 (+0,03)$ мм. Допуск за креслеником 0,03 мм, допуск заготовки – 0,8 мм. Загальне уточнення складає:

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$\varepsilon = \frac{0,8}{0,03} = 26,68.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 26,68}{0,46} = 3,1.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 3 етапів обробки для даної поверхні.

2.3 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва.

Маршрут виготовлення цієї деталі починається з отримання заготовки методом литва з чавуну марки АЧС-1. Після виливання заготовку очищають від формувальної суміші, видаляють ливнички та прибутки, виконують дробоструминну обробку, проводять термообробку для забезпечення заданої твердості не нижче НВ 180.

Далі переходять до чорншої механічної обробки, основною метою якої є створення технологічних баз. Спочатку на фрезерному верстаті обробляють базову площину фланця, яка в подальшому використовується як основна установча база. Після цього заготовку встановлюють на токарний верстат і виконують чорнове точіння зовнішніх поверхонь, зокрема діаметра, а також підрізають торець для формування правильної геометрії.

Наступний етап пов'язаний з обробкою центрального отвору. Спочатку виконують свердління наскрізного отвору, після чого здійснюють чергове розточування до попередніх розмірів ступінчастої порожнини. Далі проводять чистове розточування для досягнення точних діаметрів і необхідної шорсткості поверхні, що особливо важливо для посадочних місць. У цій же установці або на

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

наступній виконують обробку внутрішньої конічної поверхні під заданим кутом, а за підвищених вимог до точності можливе додаткове шліфування.

Після цього переходять до обробки зовнішніх поверхонь деталі. На токарному верстаті виконують чистове точіння зовнішніх діаметрів, формують уступи, фаски та радіуси згідно креслення. Це забезпечує відповідність геометрії та підготовку поверхонь до подальших операцій.

Обробка фланця здійснюється на фрезерному верстаті, де доводять його габаритні розміри, площинність і взаємне розташування поверхонь. Після цього виконують свердлильні операції: спочатку обробляють основні кріпильні отвори у фланці, потім - допоміжні отвори меншого діаметра відповідно до креслення. Для отворів, що потребують різьби, проводять нарізання внутрішньої різьби з дотриманням класу точності.

На завершальних етапах виконують обробку деталі: знімають фаски, притуплюють гострі кромки, видаляють задирки та очищають поверхні. Після цього проводиться контроль якості. Він включає перевірку основних розмірів, співвідносінь отворів, біття, перпендикулярності поверхонь і якості різьби, а також контроль шерсткості.

Звершується маршрут очищенням деталі, її консервацією та маркуванням. Увесь процес базується на використанні як основної бази площини фланця та осі центрального отвору. Це забезпечує необхідну точність взаємного розташування всіх поверхонь.

2.4 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 розмір $\varnothing 80h11 (\pm 0,19)$ мм.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

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

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

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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 і.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} - \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.5)$$

$$1930 - 1220 = 740 - 50,$$

$$710 = 710.$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.1 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 80h11 (-0,19)$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм			Розр. припуск Z_{max} , мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	T	ϵ				d_{max}	d_{min}	Z_{max}	Z_{min}
Заготовка	200	200	244	-	81,290	740	82,04	81,3	-	-
Точіння чорнове	50	50	0	1289	80,01	100	80,31	80,01	1730	1290
Точіння напівчистове	25	25	0	200	79,81	190	81	79,81	310	200
Сума									2040	1490

Отже, умова виконується. Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені деталі $\varnothing 80h11 (-0,19)$ мм

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Розробка конструкції верстатного оснащення є важливим етапом технологічної підготовки виробництва. Саме оснащення забезпечує підвищення продуктивності, точності та стабільності процесу механічної обробки [12, 36, 38, 39]. Одним із найбільш ефективних видів спеціального оснащення для обробки деталей із великою кількістю однотипних отворів є багатошпиндельна головка. Її застосування дозволяє одночасно виконувати декілька операцій свердління, розсвердлювання, зенкерування або нарізання різьби. Це значно скорочує машинний час, підвищує ефективність використання металорізального обладнання.

Процес розробки конструкції багатошпиндельної головки починається з аналізу технологічного процесу виготовлення деталі. На цьому етапі визначають кількість та розташування отворів, необхідну точність обробки, режими різання, а також тип виробництва. Особливо доцільним застосування багатошпиндельних головок є в умовах серійного виробництва, де скорочення тривалості операції суттєво впливає на собівартість продукції.

Наступним етапом є вибір конструктивної схеми оснащення. Конструкція багатошпиндельної головки повинна забезпечувати синхронне обертання всіх шпинделів із необхідною частотою та передаванням крутного моменту від приводу верстата. Для цього використовують зубчасті передачі, конічні колеса або інші механізми розподілу руху. Важливим завданням є забезпечення жорсткості конструкції. Навіть незначні деформації можуть призвести до відхилень у взаємному розташуванні отворів.

Під час проектування значну увагу приділяють комплектуванню шпинделів. Їх розташування має відповідати схемі отворів на деталі та забезпечувати можливість встановлення ріжучого інструменту. Крім того, враховують габарити оснащення, умови його встановлення на верстаті та зручність обслуговування. Для підвищення

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

довговічності роботи застосовують підшипникові опори, системи змащування та захисні елементи від потрапляння стружки.

Ціля розробки конструктивної схеми виконують інженерні розрахунки. Визначають сили різання, крутні моменти, потужність приводу, перевіряють міцність валів, зубчастих передачі корпусних деталей. Також здійснюють перевірку на жорсткість та точність роботи вузла. На основі отриманих результатів обирають матеріали деталей та призначають необхідні допуски й посадки.

Отже, розробка конструкції верстатного оснащення на прикладі багатошпиндельної головки є складним інженерним завданням. Воно поєднує технологічні, конструктивні та розрахункові аспекти. Рационально спроектована багатошпиндельна головка забезпечує підвищення продуктивності обробки, покращення точності виготовлення деталей та зниження витрат виробництва.

У графічній частині роботи наведено розроблену конструкцію зазначеного вище оснащення.

Пристосування включає такі основні елементи: 1 – валик центральний; 2 – шестерня; 3 – колесо зубчасте; 4 – шпindelь робочий; 5 – диск проміжний; 6 – гвинт; 7 – муфта; 8 – верхня частина корпусу; 9 – нижня частина корпусу; 10 – шпилька; 11 – шайба; 12 – гайка; 13 – гвинт; 14 – пробка; 15 – гвинт; 16-18 – підшипники; 19 – шпонка сегментна; 20 – кільце; 21 – підшипник.

Чотирьохшпиндельна головка виконана з однорівневим розміщенням шестерень. Призначена для одночасного свердління чотирьох отворів. Кріплення головки до шпинделя верстата здійснюється за допомогою муфти 7 та шести шпильок 10.

Принцип дії пристосування полягає в передачі обертального руху від зубчастого колеса 3, встановленого на центральному валу 1, через шестерні 2 одночасно до чотирьох робочих шпинделів 4. Для полегшення монтажу конструкцією передбачено проміжний диск 5. Його отвори обробляються спільно з отворами нижньої частини корпусу. Крім того, цей диск виконує функцію центрування при з'єднанні верхньої 8 та нижньої 9 частин корпусу. Зубчасті колеса

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

ведучого валика і робочих шпинделів розміщені між двома опорами, що сприяє підвищенню жорсткості та надійності конструкції.

У конструкції головки не застосовуються паразитні шестерні. Робочі шпиндели 4 обертаються у правому напрямку лише за умови лівого обертання шпинделя верстата. Головка розрахована на свердління з ручною подачею, оскільки при лівому напрямку обертання шпинделя автоматична подача на верстаті відсутня.

3.2 Розрахунок силевих параметрів

Заготовка закріплюється на пневмоциліндрі. Виконується свердління чотирьох отворів $\varnothing 13$ мм на глибину 14 мм. При цьому виникає крутий момент на поверхні контакту заготовки зі свердлом [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Крутий момент $M_{кр}$ та осьова сила P_o розраховується за формулами:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.1)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.2)$$

де D – діаметр свердла;

S – подача при свердлінні;

K_p – коефіцієнт, що залежить від матеріалу оброблюваної деталі;

C_m, C_p – коефіцієнти, обираються за довідниковими таблицями: $C_m = 0,0345$;

$C_p = 68$;

q, y – показники степеню, що обираються за довідниковими таблицями.

Для крутного моменту: $q = 2, y = 0,8$.

Для осової сили: $q = 1,0; y = 0,7$.

Крутий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 13^{2,0} \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1 = 19,23 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Осьова сила.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 13^1 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 1 = 3349,73 \text{ (Н)}.$$

Загальний крутний момент при обробці чотирьох отворів $\varnothing 13$ мм складає:

$$\sum M_{kr} = M_{kr} \cdot 4 = 19,23 \cdot 4 = 76,92 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Загальна осьова сила, що діє при обробці чотирьох отворів $\varnothing 13$ мм складає:

$$\sum P_o = 4 \cdot P_o = 3349,73 \cdot 4 = 13398,92 \text{ (Н)}.$$

З урахуванням отриманих значень та обраного для виконання операції верстата можна зробити висновок, що умови обробки відповідають вимогам щодо використання даного обладнання.

3.3 Розрахунок славої ланки на міцність

Проведемо розрахунки шпонового з'єднання на зминання.

Умова міцності на зминання має вид:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot l \cdot h} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.3)$$

де $\sigma_{зм}$ – діюче напруження зминання, МПа;

T – номінальний обертовий момент, Н·м;

d – діаметр валу, 12 мм;

l – робоча довжина шпонки, 10 мм;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

h – висота шпонки, 5 мм;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження зминання, 200 МПа.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 76,92}{0,012 \cdot 0,01 \cdot 0,005} = 256,4 \cdot 10^6 \text{ (Па)}.$$

Міцність з'єднання на зминання недостатня, тому встановлюємо 2 шпонки. У такому випадку робоче напруження зменшиться у два рази і становитиме 128,2 МПа.

Ця величина є меншою від допустимого значення $\sigma = 200$ МПа.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для корпусної деталі, що виготовляється із чавуну, способи отримання заготовок литво у піщано-глиняні форми а також литво в кокіль: [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Під час литва у піщано-глиняні форми забезпечується точність розмірів у межах 15...19 квалітету, шорсткість поверхні за параметром Rz – до 80 мкм, а коефіцієнт використання матеріалу заготовки становить близько 0,7.

Для литва у кокіль характерна вища точність розмірів – 14...17 квалітет, шорсткість поверхні за Rz перебуває в межах 40...80 мкм, а коефіцієнт використання матеріалу заготовки досягає 0,85.

При отриманні деталі методом литва у піщано-глиняні форми маса заготовки буде становити:

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

де $m_{д}$ – маса деталі;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_{заг} = \frac{0,3}{0,7} = 0,43 \text{ (кг)}.$$

При литві у кокіль:

$$m_{заг} = \frac{0,3}{0,85} = 0,35 \text{ (кг)}.$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C = \left(\frac{S_3 m_3}{1000} K_T K_C K_B K_{M3} K_{B6} \right) - (Q_3 - q_d) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де S_3 – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$K_T, K_C, K_B, K_{M3}, K_{B6}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності,

класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва;

q_d – маса деталі, кг;

$S_{відх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

у піщано-глиняні форми:

$$C_{пгф} = \left(\frac{50000}{1000} \cdot 0,43 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \right) - (0,43 - 0,3) \cdot 6 = 16,25 \text{ (грн).}$$

у кокіль:

$$C_{кок} = \left(\frac{50000}{1000} \cdot 0,35 \cdot 0,8 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \right) - (0,35 - 0,3) \cdot 6 = 8,63 \text{ (грн).}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (16,25 - 8,63) \cdot 150 = 1143 \text{ (грн).}$$

Отже, проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовки – литво в кокіль.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4.2 Аналіз потенційних небезпек під час чавунного литва корпусу

Процес виготовлення корпусу методом чавунного литва супроводжується наявністю низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Вони можуть негативно впливати на здоров'я працівників, технічний стан обладнання, безпечність виробничого середовища. Аналіз потенційних небезпек під час виготовлення корпусу литвом дозволяє визначити основні ризики, передбачити заходи щодо їх мінімізації ще на етапі проектування технологічного процесу.

Однією з основних небезпек у ливарному виробництві є вплив високих температур. Температура розплавленого чавуну під час заливання форм може перевищувати 1300...1400 °C. Це створює ризик виникнення термічних опіків у разі контакту працівника з розплавом або нагрітими елементами обладнання. Особливо небезпечними є операції транспортування металу, заливання форм, вибивання виливків. Можливі розбризкування рідкого металу, руйнування форми внаслідок надлишкової вологості формувальної суміші. Потрапляння вологи у розплавлений метал може спричинити локальний вибух із викидом металу та гарячих газів.

Під час плавлення чавуну та заливання форм у повітря робочої зони виділяються пил, оксиди вуглецю, сірки, марганцю та інші шкідливі речовини. Особливу небезпеку становить кварцовий пил. Він утворюється під час приготування формувальних сумішей, вибивання виливків. Тривалий вплив пилу на органи дихання може спричинити професійні захворювання, зокрема силікоз. У процесі вигорання зв'язувальних компонентів формувальних сумішей утворюються токсичні гази та дим. Вони погіршують санітарно-гігієнічні умови праці.

Суттєвим фактором безпеки є підвищений рівень шуму та вібрацій. Він характерний для роботи плавильного обладнання, вентиляційних установок, вибивних решіток, а також дробоструминних машин. Тривалий вплив шуму може викликати зниження слуху, підвищену зтому та погіршення концентрації уваги працівників, що збільшує ймовірність виробничого травматизму.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Під час транспортування форм, стрижнів і готових виливків виникає небезпека механічного травмування. Значна маса корпусних деталей і допоміжного оснащення потребує використання підйомно-транспортних механізмів. Порушення правил стропування або несправність вантажопідйомального обладнання можуть призвести до падіння вантажів, травмування працівників або пошкодження обладнання. Небезпеку також становлять рухомі частини машин та механізмів, з якими працівник може контактувати під час виконання технологічних операцій.

Окрему увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. У ливарних цехах використовуються горючі матеріали, мастила та електрообладнання великої потужності. Порушення режимів роботи печей, короткі замикання або потрапляння розплаву на легкозаймісті матеріали можуть стати причиною займання або пожежі. Саме тому технологічні дільниці повинні бути оснащені ефективними засобами пожежогасіння та системами аварійного відключення обладнання.

Таким чином, процес чавунного литва корпусних деталей характеризується комплексом термічних, хімічних, механічних та санітарно-гігієнічних небезпек. Для забезпечення безпечних умов праці необхідним є застосування ефективної вентиляції, засобів індивідуального захисту, автоматизації небезпечних операцій, справного вантажопідйомного обладнання та суворе дотримання вимог охорони праці й виробничої санітарії.

4.3 Вплив ливарного виробництва на навколишнє середовище

Ливарне виробництво є однією з базових галузей машинобудування. Воно оскільки забезпечує виготовлення складних корпусних деталей, зготовок та конструктивних елементів для різних типів машин і обладнання. Разом із тим технологічні процеси плавлення металу, виготовлення форм, заливання та очищення виливків супроводжуються значним техногенним навантаженням на навколишнє середовище. Основними напрямками негативного впливу ливарного виробництва є забруднення атмосферного повітря, утворення великої кількості

						КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			34

відходів, підвищене енергоспоживання, шумове навантаження та можливе забруднення водних ресурсів і ґрунтів.

Найбільш відчутний вплив ливарного виробництва проявляється у забрудненні атмосферного повітря. Під час плавлення чавуну в печах утворюються продукти згоряння палива та окиснення компонентів металу. До складу викидів входять оксиди вуглецю, сірки та азоту, а також дрібнодисперсний пил і аерозолі металів. Особливо небезпечними є чадний газ та дрібні пилові частинки. Вони можуть тривалий час перебувати у повітрі й поширюватися за межі виробничої території. Крім плавильних процесів, значне виділення шкідливих речовин відбувається під час заливання форм рідким металом. Під дією високої температури відбувається вигорання органічних компонентів формувальних і стрижневих сумішей. У результаті чого утворюються токсичні гази, дим та леткі хімічні сполуки.

Головну небезпеку для довкілля та здоров'я людей становить кварцовий пил. Він утворюється на етапах підготовки формувальних матеріалів, вибивання форм і очищення поверхонь виливків. Дрібні частинки пилу можуть потрапляти в атмосферу та осідати на прилеглих територіях. Тривалий вплив кварцового пилу є небезпечним як для працівників підприємства, так і для населення, що проживає поблизу промислових зон. Він може спричиняти захворювання органів дихання та погіршення екологічного стану території.

Важливою екологічною проблемою ливарного виробництва є утворення значної кількості твердих промислових відходів. Основну частину таких відходів становлять відпрацьовані формувальні та стрижневі суміші. Вони після використання втрачають необхідні технологічні властивості. У процесі плавлення утворюються шлаки, пил газосисних систем, металеві обрізки, ливничкові системи та браковані виливки. За відсутності належної системи переробки або регенерації ці матеріали накопичуються на промислових майданчиках і полігонах. Це призводить до зайняття значних площ, негативного впливу на ґрунти. Частина відходів може містити залишки мастильних матеріалів, сполук важких металів або хімічних зв'язувальних компонентів. Вони здатні проникати у ґрунт та підземні води.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Для зменшення кількості відходів сучасні ливарні підприємства впроваджують технології регенерації формувальних сумішей, а також повторного використання металевих відходів. Металевий брухт, обрізки та браковані виливки можуть повторно переплавлятися. Це дозволяє зменшити витрати сировини та скоротити обсяг відходів. Однак процеси регенерації також потребують додаткових енергетичних витрат та використання спеціального обладнання.

Ливарне виробництво характеризується високою енергоємністю. Для плавлення чавуну необхідні значні витрати електроенергії або палива, залежно від типу плавильного обладнання. Робота індукційних, дугових чи вагранкових печей супроводжується споживанням великої кількості енергетичних ресурсів. Це не лише збільшує собівартість продукції, але й опосередковано впливає на довкілля через збільшення викидів парникових газів на електростанціях або під час спалювання палива. Додаткові енерговитрати пов'язані з функціонуванням вентиляційних систем, компресорного обладнання, транспортних механізмів та установок очищення виливків.

Негативний вплив ливарного виробництва проявляється також у шумовому та вібраційному забрудненні. Джерелами шуму є дробострумні машини, вибивні решітки, вентиляційні установки, компресори та транспортне обладнання. Високий рівень шуму погіршує умови праці персоналу. Він може впливати на мешканців прилеглих територій. Постійний шумовий вплив спричиняє підвищену втому, зниження роботоздатності та негативно впливає на нервову систему людини.

Окремої уваги потребує вплив ливарного виробництва на водні ресурси. Вода використовується для охолодження плавильного обладнання, очищення газів, приготування технологічних сумішей та санітарно-технічних потреб. У процесі експлуатації обладнання стічні води можуть забруднюватися зазислими частинками, мастильними матеріалами, продуктами корозії та хімічними домішками. У разі недостатнього очищення стоки здатні потрапляти у водойми або ґрунтові води, спричиняючи їх забруднення. Тому сучасні підприємства

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

впроваджують системи оборотного та замкненого водопостачання. Це дозволяє суттєво скоротити споживання води та мінімізувати скидання забруднених стоків.

Для зниження негативного впливу ливарного виробництва на довкілля необхідним є комплексне впровадження природоохоронних заходів. До основних напрямів екологізації виробництва належать:

- використання вискоелективних систем аспірації та газоочищення;
- автоматизація технологічних процесів;
- застосування енергоощадного обладнання та сучасних способів регенерації відходів.

Важливу роль відіграє також впровадження екологічного моніторингу. Він який дозволяє контролювати рівень факторів, стан повітря, води та ґрунтів у межах санітарно-захисної зони підприємства.

Таким чином, ливарне виробництво має комплексний вплив на навколишнє середовище. Він проявляється у забрудненні атмосферного повітря, утворенні великої кількості відходів, високому енергоспоживанні, шумовому навантаженні та можливому забрудненні водних ресурсів. Зменшення екологічного навантаження можливе завдяки впровадженню сучасних ресурсозберігаючих технологій, ефективних систем очищення та раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ВИСНОВКИ

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

1. Встановлено службове призначення насоса зубчастого об'ємного типу та виконано аналіз його складової деталі – корпусу. Наведено характеристику конструкційного матеріалу деталі та запропоновано можливий матеріал-аналог для заміни. На основі проведеного маркетингового дослідження визначено тип виробництва, який відповідає дрібносерійному.

2. Проведено відпрацювання конструкції вузла і корпусу на технологічність. Розроблено маршрут механічної обробки поверхонь корпусу. Припуски на обробку й операційні розміри для поверхні $\varnothing 80h11$ мм визначено розрахунково-аналітичним методом.

3. Розроблено конструкцію верстатного пристосування, призначеного для виконання операції свердління чотирьох отворів у корпусі. Виконано визначення силових параметрів процесу обробки. Проведено перевірочний розрахунок найменш міцної ланки конструкції на міцність.

4. Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору технології виготовлення заготовки. У результаті порівняння двох варіантів заготівельного виробництва для річної програми випуску 150 деталей отримано економічний ефект у розмірі 1143 грн. Проаналізовано потенційні небезпеки заготівельного виробництва. Оцінено його вплив на навколишнє середовище.

5. Графічна частина роботи містить складальний кресленик насосу зубчастого, кресленик корпусу та його заготовки, а також складальний кресленик верстатного пристосування, призначеного для механічної обробки отворів методом свердління.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Акімов І.В., Плескач В.М. Прейскурант для техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальної технології виробництва заготовок при виконанні розрахунково-графічних та контрольних завдань з дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗНТУ. 2019. 18 с.
2. Березуцький В.В. Основи охорони праці: навч. посіб. Харків: Факт, 2005. 480 с.
3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Львів: Світ, 2001. 456 с.
4. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1995. 368 с.
5. Бойчук І.М. Економіка підприємства. Київ: Каравела, Львів: «Новий світ-2001», 2001. 298 с.
6. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. 448 с.
7. Буц Б.Д., Приходько В.С., Ткачов С.В. Розрахунок режимів різання металів. Дніпропетровськ: РВБ ДНУ, 2005. 76 с.
8. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ: Каравела, 2003. 408 с.
9. Гевко Б.М., Гевко І.Б., Радик Д.П. Технологія сільськогосподарського машинобудування: Підручник. Київ: Кондор, 2006. 496 с.
10. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами. Київ: Знання, 2007. 367 с.
11. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. Львів: Новий Світ – 2000, 2012. 358 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

12. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Навчальний посібник. Херсон: Олді-плюс, 2008. 328с.

13. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М. Технологічні основи машинобудування: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.

14. Жидецький В.Ц. Засоби індивідуального захисту та електрозахисні засоби. Київ: Основа, 2003. 133 с.

15. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: навч. посіб. Львів: Укр. академія друкарства, 2006. 324 с.

16. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: навч. посіб. Львів: Афіша, 2002. 311 с.

17. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников С.Б. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 343 с.

18. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування. Суми: СумДУ, 2004. 98 с.

19. Карпенко Л.А., Кіт Ю.Б., Пістун І.П. Охорона праці: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2004. 205 с.

20. Керб Л.П.. Основи охорони праці: навч.-метод. посіб. Київ: КНЕУ, 2001. 252 с.

21. Коробко Б.О., Фролов Є.А., Попов С.В., Ясько С.Г. Прогресивні технології у машинобудуванні. Навчальний посібник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. 168 с.

22. Купчик М.П., Галдзюк М.П. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ: Основа, 2000. 416 с.

23. Лапковський С.В., Солдатова М.О., Трудько І.С. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність – один із найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва. Вісник Національного технічного університету «КПІ». 2011. С. 203-207.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

24. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів: підручник/ Опалчук А.С. та ін. Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2013. 751 с.

25. Мельничук П.Л., Боровик А.І., Лінчевський П.П. Технологія машинобудування: Підручник. Житомир: ЖДТУ, 2005. 876 с.

26. Москальова В.М. Основи охорони праці: підручник. Київ: Професіонал, 2005. 672 с.

27. Основи проектування технологічних процесів / Гречкосій В.Д. та ін. Ніжин: MILANIK, 2009. 411 с.

28. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

29. Пасько М.М., Показаньева С.І. Технологія машинобудування. Краматорськ: ВСП МК ДДМА, 2019. 289 с.

30. Петрозич Й.М., Кіт А.Ф., Семенів О.М. Економіка підприємства. Львів: «Новий Світ-2000», 2004. 680 с.

31. Пістун І.І., Кіт Ю.В. Основи охорони праці: практикум. Суми: Університетська книга, 2000. 207 с.

32. Попов С., Скрипник В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра здобувачами вищої освіти зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва галузі знань 13 Механічна інженерія. Полтава: ПДАУ, 2022. 32 с.

33. Рогач Ю.П. Пожежна безпека. Мелітополь: ТДАА, 2001. 121 с.

34. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Высшая школа, 1991. 247 с.

35. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навчальний посібник. Київ: Вища школа, 1992. 414 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

36. Сапон С.П. Проектування технологічного оснащення. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 47 с.

37. Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник. Київ. Вища школа, 2002. 374 с.

38. Технологічне забезпечення оснащенням гнучких виробничих систем механообробного виробництва: навчальний посібник / Є. А. Фролов, О.І. Біловод, С.Б. Попов, А.О. Келіменш, Ю.О. Попова. Полтава: ПП «Астроя», 2022. 130 с.

39. Технологічне оснащення. Конспект лекцій для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 131 Прикладна механіка. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». 2020. 403 с.

40. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування: курсове проектування. Київ. Вища школа, 1992. 127 с.

41. Трахтенберг І.М. Гігієна праці та виробнича санітарія: підручник. Київ, 1998. 254 с.

42. Федоров М.І. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Полтава: ПДАА, 2012. 136 с.

43. Федоров М.І., Костенко О.М., Дрожжана О.У. Збірник законодавчих та нормативних актів з охорони праці: навч. посіб. Том 1. Полтава: інтеграфіка, 2004. 336 с.

44. Федоров М.І., Костенко О.М., Дрожжана О.У. Нормативні акти і документація з охорони праці, що діє у межах підприємства: навч. посіб. Том 2. Полтава: інтеграфіка, 2004. 296 с.

45. Федоров М.І., Лапенко Т. Г., Дрожжана О.У. Охорона праці в галузі (збірник схем, термінів...): навч. посіб. Полтава: ПДАА, 2005. 118 с.

46. Федоров М.І., Лапенко Т.Г., Дрожжана О.У. Охорона праці в галузі АПК: навч. посіб. Полтава: інтеграфіка, 2005. 297 с.

47. Фролов Є.А., Кравченко С.І., Попов С.В., Гнітєкс С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

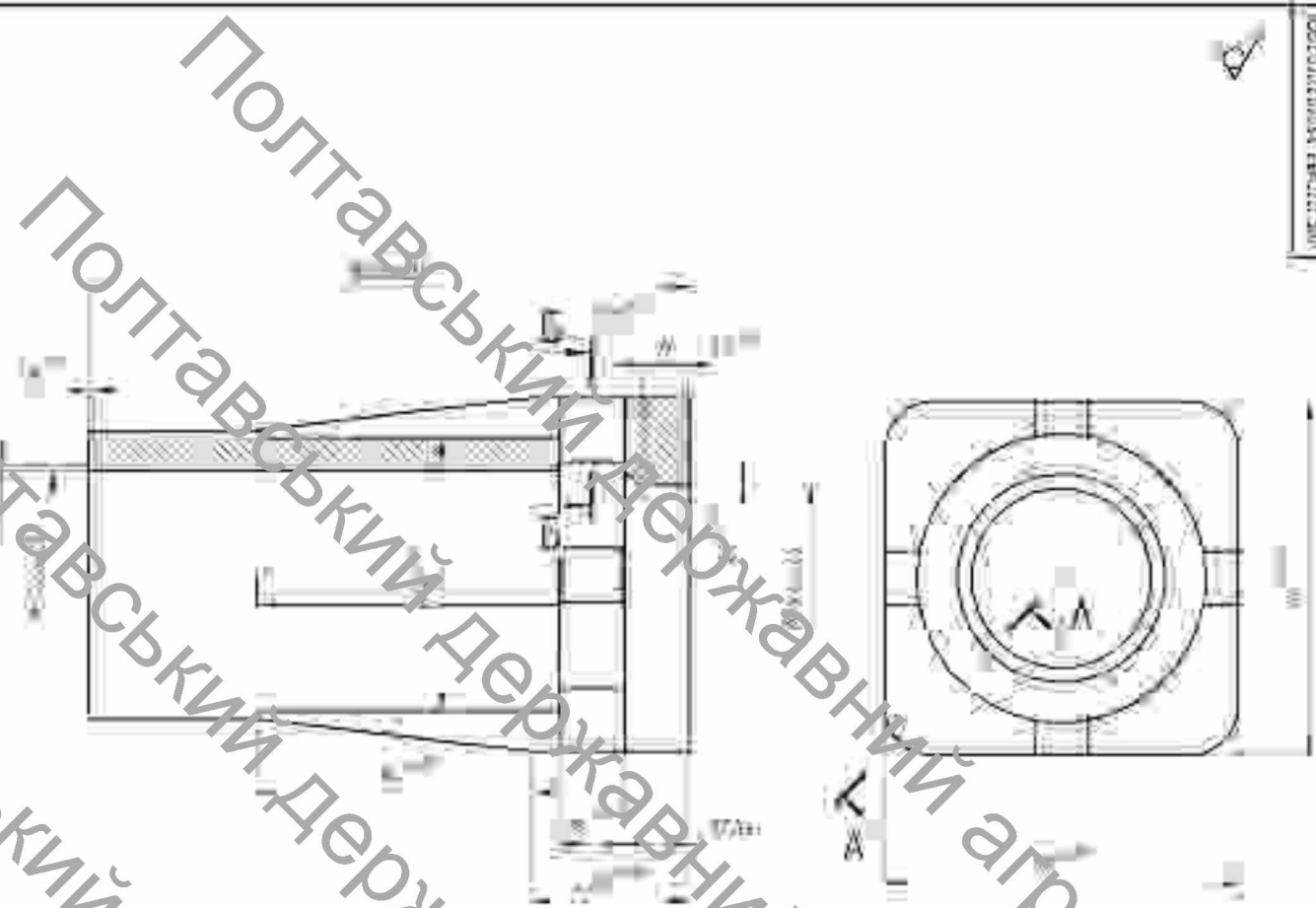
					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

48. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків: ХДУХТ, 2005. 82с.

49. Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Каравела, 2005. 568 с.

50. Ярецька В.М. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Київ: Професіонал, 2004. 288 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Техническое описание	
Наименование	...
Материал	...
Изготовитель	...
Дата	...
Лист	11

