

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: «Виготовлення валу насоса трьохплунжерного
за умов визначеного типу виробництва»

КРБ.133ГМбд_31[2].23.00.00.000 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]
СЛУПЦЬКИЙ Микола

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

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.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

СЛУПЦЬКИЙ Микола

1 Тема роботи: «*Виготовлення валу насоса трьохплунжерного за умов
визначеного типу виробництва*»,

керівник роботи *канд. техн. наук, доцент ПОПОВ Станіслав,*
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): *подача, м³/год., 2,2; тиск робочий, МПа,
10,8; частота обертання колінчастого валу, об/хв., 730; коефіцієнт корисної
дії, %, 77; споживана потужність, кВт, 10; габаритні розміри L×B×H, мм,
617×392×320; маса, кг, 87; річна програма випуску, шт., 550.*

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 затискного пристосування.*

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 _____ Микола СЛУПЦЬКИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Станіслав ПОПОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 8 таблиць, 50 використаних джерел, 38 сторінок.

Об'єкт розробки – насос трьохплунжерний.

Предмет розробки – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу.

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 валу. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним методом.

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування для верстатної обробки валу, проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу та слабкої ланки на міцність.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки деталі, наведено розрахунок освітлення виробничої ділянки, а також зазначено особливості екологічної трансформації машинобудування.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик приводу насоса (подача, куб. м/год., 2,2; тиск робочий, МПа, 10,8; частота обертання колінчастого валу, об/хв., 730; коефіцієнт корисної дії, %, 77; споживана потужність, кВт, 10; габаритні розміри L×B×H, мм, 617×392×320; маса, кг, 87; річна програма випуску, шт., 550), кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пристосування.

Рекомендації щодо використання результатів роботи вал входить до складу насоса трьохплунжерного, що використовується для транспортування води, рідких добрив, засобів захисту рослин та інших агрохімікатів.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1, 1 арк. ф. А3.

Текст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи пройшов перевірку на плагіат за допомогою відповідного сервісу і є оригінальним.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція трьохплунжерного насосу. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності деталі. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено відпрацювання на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталі. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію затискного пристосування, а також приділено увагу розрахункам зусилля затиску, параметрів силового приводу, слабкої ланки на міцність. Розраховано економічну ефективність заготівельного виробництва. Наведено розрахунки освітлення виробничої ділянки. Зазначено особливості екологічної трансформації машинобудування.

НАСОС, ДЕТАЛЬ, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work considers the design of a three-plunger pump. The service purpose of the unit is presented. The analysis of the accuracy parameters of the part is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. The work-up for manufacturability is carried out. The current manufacturing process is analyzed. The route for processing the surfaces of the part is developed. The allowances and operating dimensions are determined. The design of the clamping device is developed, and attention is paid to the calculations of the clamping force, the parameters of the power drive, the weak link for strength. The economic efficiency of the blanking production is calculated. Calculations of the lighting of the production area are given. The features of the ecological transformation of mechanical engineering are indicated.

PUMP, PART, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING DEVICE, WORKPIECE, ECONOMIC EFFICIENCY, LIGHTING, ECOLOGICAL TRANSFORMATION

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	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	15
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	15
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	17
2.3 Обробка поверхонь	18
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	22
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	26
3.1 Розрєска конструкції затискного пристосування	26
3.2 Розрахунок зусиль затиску	27
3.3 Розрахунок параметрів силового приводу	29
3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність	31
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	32
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	32
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва зготовки деталі	32
4.2 Розрахунок освітлення виробничої ділянки	34
4.3 Екологічна трансформація машинобудування	36
ВИСНОВКИ	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	39

						КРБ.133У115д_31[2].23.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Слупський МВ.			Зміст	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Попов С.В.				н	5	38
Керівник		Попов С.В.				ПДАУ, 2026 р.		
Н. контр.		Попов С.В.						
Затверд.		Попов С.В.						

ВСТУП

За сучасних умов розвитку сільського господарства особлива увага приділяється підвищенню ефективності технологічних процесів, що впливають на врожайність, якість продукції та економічні показники виробництва. Одним із найважливіших елементів агротехнічного забезпечення є насосне обладнання. Воно використовується для транспортування води, рідких добрив, засобів захисту рослин та інших агрохімікатів. Серед широкого асортименту насосних установок особливу популярність мають трьохплунжерні насоси, які завдяки своїм технічним характеристикам відповідають сучасним вимогам аграрного сектора.

Трьохплунжерні насоси є машинами об'ємної дії, в яких три плунжери забезпечують стабільний і безперервний потік рідини під високим тиском. Така конструкція дозволяє мінімізувати пульсації подачі, що особливо важливо для точного внесення рідких речовин на поля та в системах крапельного зрошення. Крім того, трьохплунжерні насоси активно застосовуються для миття сільськогосподарської техніки, очищення приміщень тваринницьких комплексів, подачі води у фермерських водопровідних системах, а також спеціалізованих установках для обробки рослин.

Перевагами трьохплунжерних насосів є висока надійність, тривалий термін служби, стійкість до агресивних середовищ, економічність в експлуатації та ремонтпридатність. Завдяки рівномірному розподілу навантаження на механічні вузли, такі насоси демонструють менший рівень зносу в порівнянні з іншими типами насосного обладнання. У сільському господарстві, де важливу роль відіграє стабільність процесів та мінімізація простоїв техніки, ці характеристики стають визначальними при виборі насосного обладнання.

Таким чином, трьохплунжерні насоси є незамінним елементом технічної інфраструктури аграрних підприємств різного масштабу. Їх використання сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських робіт, оптимізації витрати ресурсів та забезпеченню сталої роботи водних та агрохімічних систем. В рамках

						КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

даної роботи буде розглянуто будову трьохплунжерного насосу, принцип дії, основні переваги, сфери застосування, а також перспективи розвитку в умовах інтенсифікації агровиробництва [32].

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос трьохплунжерний, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри;
- сконструувати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці та захисту довкілля;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд вноситься насос трьохплунжерний (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Приводна частина насосу: 1 – шатун; 2 – станина; 3 – вал; 4 – повзун;
5 – вал; 6 – палець; 7 – скоба; 8 – сапун; 9 – пробка; 10 – кришка; 11 – прокладка;
12 – ущільнення; 13 – щуп; 14 – втулка; 15 – гвинт; 16 – підшипник; 17 – кришка;
18, 19, 20 – штуцер; 21 – кільце

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Таблиця 1.1- Технічна характеристика насосу

Назва параметра	Величина
Подача, м ³ /год.	2,2
Тиск робочий, МПа	10,8
Частота обертання валу колінчастого, об/хв.	730
Коефіцієнт корисної дії, %	77
Споживана потужність, кВт	10
Габаритні розміри, мм	617×392×320
Маса, кг	87

Насос складається із приводної частини, що призначена для перетворення енергії обертання колінчастого валу в енергію зворотно-поступального руху плунжерів та гідравлічної частини. Вона призначена для перекачування рідини та створення тиску у магістралі нагнітання.

Плунжерний насос є одним із типів гідравлічних насосів, в якому робочий елемент, що називається плунжером, рухається вперед і назад всередині циліндру для створення потоку рідини. Це надзвичайно ефективний тип насосів. Він знаходить застосування у різних галузях, враховуючи сільське господарство, промисловість та ін. Плунжерний насос зазвичай за принципом дії, а також зовнішнім виглядом нагадує поршневий. Будова плунжерного насосу: всередині циліндричної камери переміщується масивний елемент, що називається плунжером, в результаті його руху до камери насоса закачується рідина і потім подається ззовні. Щоб рідина рухалась у заданому напрямкові (з ємності в насос і далі з насоса до іншої ємності або систему подачі), передбачено наявність двох клапанів – тиску та випуску (клапан забирання та скидання). Перший клапан плунжерного насосу відкриває рідині рух до насоса при такт всмоктування. Випускний клапан при цьому щільно закритий. Під час вищтовхування ситуація діаметрально

						КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

протилежна – шлях для рідини відкритий винятково крізь випускний клапан (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Принцип дії насосу плунжерного

Принцип роботи приводної частини полягає у наступному (рисунок 1.1). Колінчастий вал обертається на двох роликівих підшипниках 16, що базуються у відповідних бічних розточуваннях станини. Через шатуни 1 колінчастий вал поєднаний із повзунми 4, що рухаються в розточуваннях станини. Великі головки шатунів мають змінні вкладиші із антифрикційного матеріалу та встановлені на шатунні шийки колінчастого валу. Малі голівки шатунів з'єднані із повзунами за допомогою гальців 6. Вони фіксуються стопорними кільцями 21. Плунжери насосу закручено в хвостовики повзунів та зафіксовано скобами 7. Змащування деталей приводної частини відбувається розбризкуванням трансмісійної оливи. Олива заливається до картеру станини у кількості 2 літрів через отвір вказівника рівня оливи 13. Зливається через ствір, закритий пробкою 9. Задня кришка 10 слугує для забезпечення можливості складання та розбирання приводної частини. Ущільнення кришки забезпечується обтисканням прокладкою 11. Вона встановлена між кришкою та станиною. Для запобігання потрапляння води до приводної частини передбачено ущільнення плунжерів 12 та втулки 14. Втулки фіксуються в станині гвинтами 15. Для підведення охолоджувальної рідини передбачено штуцер 19. Для

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

відведення охолоджувальної рідини – штуцер 20. Для відведення витоків – штуцер 18

Основною перевагою плунжерних насосів є саме високий тиск та ефективність. Вони використовуються там, де потрібен сильний потік рідини при великих тисках, наприклад, водні насоси для зрошення у сільському господарстві.

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є вал (рисунок 1.3). Він виготовлений з матеріалу сталь 30X13 за ДСТУ 7807-2015. Має сумарну довжину 725 мм, підлягає без'язковій термообробці гартуванням (температура 950...1020°C). Деталь має нескладну конфігурацію. Чаявні центрові отвори.

Рисунок 1.3 – Вал

1.2 Аналіз параметрів точності

Оцінка параметрів точності деталі включає в себе аналіз відхилень її форми, розмірів, розташування та шорсткості функціональних поверхонь. Такий аналіз необхідний для перевірки відповідності виробу встановленим вимогам щодо характеристик і функцій. У процесі оцінки враховуються допуски, методи

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

вимірювань та впливи технологічного процесу. Результати аналізу допомагають виявити причини дефектів і сприяють підвищенню якості виробництва.

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2).

У таблиці наводимо основні дані про точність виготовлення та якість обробки деталі [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз основних параметрів точності деталі

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична поверхня	$\varnothing 70h8_{-0,046}$	8	–	–	3,2
2	Циліндрична поверхня	$\varnothing 80e8_{-0,106}^{-0,060}$	8	–		1,6
3	Циліндрична поверхня	$\varnothing 63e8_{-0,106}^{-0,060}$	8	–	–	1,6

Проаналізувавши точність параметрів деталі, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості не забижені. Максимальний квалітет точності 8-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=1,6$ мкм, що без будь-яких ускладнень досягається в умовах машинобудівного підприємства.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Матеріалом валу є сталь 30X13 за ДСТУ 7807-2015 [24, 37]. Являє собою високовуглецеву нержавіючу сталь з додаванням хрому, що використовується в різних галузях промисловості завдяки своїм унікальним механічним та корозійним властивостям. Вона є одним із найбільш популярних матеріалів для виробництва ножів, інструментів та інших виробів, де потрібна висока міцність та стійкість до дії зовнішнього середовища.

Хімічний склад і механічні властивості матеріалу, а також можливі варіанти її заміни наведені в таблицях 1.3, 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад, %, сталі 30X13

C	Cr	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
0,26-0,35	12-14	до 0,8	до 0,6	до 0,025	до 0,03	12-14	до 0,2	до 0,3

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 30X13

σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
850	710	12	40	228-235

Твердість сталі в загартованому стані може досягати 53-58 HRC, що дозволяє використовувати її в умовах, де потрібна висока міцність та стійкість до механічного зношування.

Сталь 30X13 має низку унікальних механічних властивостей, які роблять її придатною для широкого спектру застосування. Однією з її ключових переваг є висока корозійна стійкість, особливо в атмосферних умовах і в слабких кислотах. Ця властивість широко використовується у виробництві медичних інструментів, ножів, а також у хімічній та харчовій промисловості.

У технологічному плані сталь 30X13 відрізняється гарною оброблюваністю як у холодному, так і гарячому станах. Це дозволяє використовувати її для виготовлення різних деталей та інструментів, а також проводити зварювальні роботи, хоча для зварювання потрібне використання спеціальних технологій та матеріалів.

У якості заміника є марка 20X13, але враховуючи специфіку роботи деталі замишаємо матеріал, що призначений конструктором.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу насосу плунжерного у кількості 550 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на за частини, приймаємо щенно 3-5% від програми запуску, тис. од;

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

$$N_{зан} = (550 + 0,04 \cdot 550) \cdot (1 + 0,025) = 586 \text{ (шт.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базуються на таких самих вимогах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів з ЧПК конструктор може створити деталь зі складною поверхнею, а не спрощувати її. Це має значення для міцності, а багатоінструментальна обробка та велика концепція переходів вимагають більш точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до більшості поверхонь [23].

Конструкція насосу є середньою за складністю. У даному виробі широко застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та ін.), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного вузла, конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих труднощів. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів насос досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла. Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова насосу дає змогу проводити його складання повузлово. Регулювання та контроль роботи також проводиться без розбирання. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задню точність їх розташування.

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться з метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість не стандартизованих деталей, унікальних трудомістких деталей. Коефіцієнт стандартизації обчислюється за формулою:

$$K_{cm} = \frac{E_{cn}}{E} \quad (2.1)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

де E_{cm} – кількість стандартизованих одиниць;

E – загальна кількість.

$$K_{cm} = \frac{2}{38} = 0,05.$$

Обчислення коефіцієнта уніфікації відбувається за формулою:

$$K_{yn} = \frac{E_y}{E}, \quad (2.2)$$

де E_y – кількість уніфікованих одиниць

E – загальна кількість одиниць.

$$K_{yn} = \frac{30}{38} = 0,79.$$

В таблиці 2.1 наведено аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Вимоги технологічності	Висновки по показникам технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки, вільне підведення РІ	Так, технологічно наявні центрові отвори.	-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Ступінчасті вали повинні мати невеликі перепади, а довжині ступенів повинні бути однаковими або кратними для можливості обробки деталі на багаторізцевих верстатах.	Оскільки вал обробляється на верстаті із ЧПК, то дана умова нас повністю задовольняє.	-
3	При наявності на валу шпонкової канавки розмір від дна канавки необхідно проставляти від нижнього краю циліндра У випадку базування в призмі. При базуванні в центрах розмір проставляється до центра (осі).	Дана деталь не має шпонкової канавки, а отже, дана виміра повністю виконується	-

Отже, вузол та деталь є цілком технологічними з точки зору автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

Базовий технологічний процес був реалізований на універсальному верстатному обладнанні. При використанні універсальних верстатів застосовувався стандартний різальний інструмент. Використання прогресивного різального інструмента дозволить зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, а також шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки

									КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						17

використанню екологічних мастил та мінімальному їх застосуванню при охолодженні зони різання.

У діючому технологічному процесі для контролю застосовувалися універсальні пристрої. Це збільшувало час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Пропонується використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструменти.

Спосіб отримання заготовки для валу пропонується штампування. Виготовлення валу з прутку вимагає значних припусків на механічну обробку. Хоча даний метод дешевий, але наступна механічна обробка вимагає значних затрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому мною запропоновано таке удосконалення. Оскільки припуск зменшиться, то відпадає необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це зменшує кількість верстатів, необхідних для виготовлення валу

За умов серійного виробництва пропонується використовувати верстати з ЧПК. Застосування прогресивного різального інструменту дозволяє підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно і витрати енергії, інструменту тощо. Це також зменшує собівартість деталі.

2.3 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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

P – число ступенів обробки;

T_3, T_D, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\epsilon = 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\epsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\epsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір поверхні	Квалітет	Шорсткість	Кількість переходів	Варіанти методів обробки	
					Перший варіант	Другий варіант
1	2	3	4	5	6	7
1	Ø80e8	8	1,6	3	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування
2	Ø70h8	8	3,2	3	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування 3.Зняття фаски	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Зняття фаски

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
3	M12-H7	7	3,2	5	1.Свердління 2.Зенкування 3.Розгортання попереднє 4.Розгортання чистове 5.Нарізання різьби.	1.Свердління 2.Зенкування 3.Розгортання попереднє 4.Розгортання чистове. 5.Нарізання різьби.
4	15H7	7	1,6	3	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування 4.Точити канавку	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Точити канавку.
5	Ø63e8	8	3,2	3	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування
6	M48×3-g8	8	3,2	4	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування 4.Зняття фаски 5.Нарізання різьби	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Зняття фаски 4.Нарізання різьби
7	M56×4- LN-g8	8	3,2	4	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування 4.Зняття фаски 5.Накатування різьби	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Зняття фаски 4.Накатування різьби

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ

Аркуш

20

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
8	Ø55e8	8	3,2	3	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування 4.Точити канавку	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Точити канавку.
9	Канавка 7,6H12	12	3,2	3	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Шліфування 4.Точити канавку	1.Точіння попереднє 2.Точіння чистове 3.Точити канавку.

Приклад, для обробки поверхні Ø63e8. Допуск за креслеником 0,046 мм, допуск заготовки – 2,7 мм. Загальне уточнення складає:

$$L = \frac{2,7}{0,046} = 58,7.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n = \frac{\lg 58,7}{0,46} \approx 3,8.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 4 етапів обробки для даної поверхні.

При виборі маршруту обробки поверхонь стрижня керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки. Таким чином, для всіх поверхонь обираємо 2 номер маршруту.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Зміст операції	Спосіб установки на верстаті	Технологічні бази
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	Штамповка	-	-
010	Контрольна	Контроль розмірів	-	-
015	Розточувальна, горизонтальний координатно-розточувальною верстат з ЧПК Sharmant	Фрезерування торців валу; свердління центрових отворів $\varnothing 9,2$ і $\varnothing 13$, зенкування конусів 60° і 120° , нарізування різьби M12-7H	Призми, пневмопритискач, поворотний стіл	Поверхня валу $\varnothing 100$
020	Контрольна	Контроль розмірів і якості поверхонь	-	-
025	Токарна, токарний верстат з ЧПК Wahlenberg	Точіння поверхонь $\varnothing 40$, $\varnothing 48$, $\varnothing 43,5$, $\varnothing 56$, $\varnothing 50$, $\varnothing 64_{-0,2}$, $\varnothing 55$, $\varnothing 28$, $\varnothing 64_{-0,2}$, $\varnothing 97$, $\varnothing 81$, $\varnothing 70$, $\varnothing 18$, $\varnothing 80^{+0,5}$, канавки 7, $\varnothing 12$, 15H7; нарізування M148×3-8g; конус 45° до $\varnothing 97$	Центра	Центрові отвори валу

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
030	Контрольна	Контроль розмірів і якість поверхні	-	-
035	Розточувальна, горизонтальний координатно- розточувальний верстат з ЧПК Slattmann	Фрезерувати диск шириною 30	Призми, пневмопритискач, поворотний стіл	Поверхні валу
040	Контрольна	Контроль розмірів і якість поверхні	-	-
045	Шліфувальна	Шліфувати поверхні Ø63e8, Ø80e8	Центра, хомут	Поверхня валу, центрові сторони
050	Контрольна	Контроль розмірів і якість поверхні	-	-

2.5 Визначення припусків на обробку та геометричних 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 проводиться для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір Ø63e8 $\begin{pmatrix} -0,060 \\ -0,106 \end{pmatrix}$ мм.

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

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

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

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

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

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.6)$$

де $\delta_{\text{заг.}}$, $\delta_{\text{дет.}}$ – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 35 \pm \begin{matrix} 0,060 \\ 0,106 \end{matrix}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\text{ш.}}$, мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	Rz	T	p	ε				d_{\max}	d_{\min}	Z_{\max}	Z_{\min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штампув.	160	250	480	0		67,344	1636	68,98	67,344	-	-
Точіння чорнове	63	60	100	0	1780	63,644	416	64,06	63,644	4,9	3,7
Точіння чистове	20	30	40	0	446	63,194	266	63,46	63,194	0,6	0,45

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шліфування чорнове	10	20	25	0	180	63,044	116	63,16	63,044	0,3	0,15
Шліфування чистове	0,3	12	10	0	110	62,894	46	62,94	62,894	0,22	0,15
Сума										6,04	4,45

Проводимо перевірку правильності розрахунку.

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.7)$$

$$6,04 - 4,45 = 1,636 - 0,046;$$

$$1,59 = 1,59.$$

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

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку

ступені валу $\varnothing 63e8 \begin{matrix} (-0,06) \\ (-0,06) \end{matrix}$ мм

						КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			25

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки валу насосу на операції 035 розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний креслення пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для механічної обробки деталі

Пристосовування складається із наступних елементів: 1 – пневматичний циліндр; 2 – деталь; 3 – кран; 4 – плита; 5 – шпонка; 6 – призма; 7 – ріток; 8 – стояк; 9 – опора; 10 – прокладка; 11 – планка затискна; 12 – трубка; 13, 14 – болт; 15-17 –

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

гайка; 18, 19 – гвинт; 20 – кільце; 21 – манжета; 22 – палець; 23, 24 – шайба; 25 – штифт.

Оскільки проектований пристрій має бути розміщений на столі горизонтально-фрезерного верстата, на якому є повздовжні пази для закріплення, то за основу для нього приймемо стандартну плиту з товщиною 20 мм. Для забезпечення співвісності установчої призми 6 і паралельності осі заготовки до базової поверхні пристрою закріпимо її до плити за допомогою регульовальної прокладки 10. Заданої точності встановлення заготовок досягають встановленням призми та добирання розмірів прокладок за допомогою еталонного валу.

Для пригнітання заготовки до установчої поверхні призми застосовуємо планку 11 з гайками 17 і шайбами 24, пневмоциліндр двосторонньої дії 1, регульовану опору 9. Закріплюють плиту до стола верстата з допомогою чотирьох болтів 14, що входять у прорізи на плитах і пази на столі верстата та двох напрямних шпонок 5 закріплених гвинтами 19 до плити пристрою. Такий пристрій може бути застосований в умовах виробництва для обробки поверхонь заготовок, затискання яких не потребує значних зусиль.

Під час конструювання пристроїв завжди надають перевагу стандартним вузлам і деталям перед оригінальними. Це дає змогу значно економити час і вартість як проектування, так і виготовлення.

3.2 Розрахунок зусиль затиску

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка несутінна для затиску W , використовуючи положення [7, 28, 12, 36, 38, 39].

На даній операції виникає максимальна сила різання P_z . Вона намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{ix}$:

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

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

де F_{TP} – сила тертя

$$F_{TP} = W \cdot f, \quad (3.2)$$

f – коефіцієнт тертя, що дорівнює 0,15.

Остаточно рівняння (3.1) виглядатиме:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.3)$$

З виразу (3.3) маємо, що

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.4)$$

де K – коефіцієнт запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

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

$K_1 = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує задушення PI;

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

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

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

$K_6 = 1,0$.

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

Розрахунок сили різання P_z проводимо за формулою:

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де $t = 2,5$ мм – глибина різання;

$S = 0,025$ мм/зуб – подача;

$B = 10$ мм – ширина фрезерування,

$z = 4$ – кількість зубів фрези;

$D = 10$ мм – діаметр фрези;

$n = 500$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

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

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 2,1$; $q = 1,1$; $w = 0$ – коефіцієнти та показники степені.

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 2,5^{0,95} \cdot 0,025^{0,8} \cdot 10^{2,1} \cdot 4}{10^{1,1} \cdot 500^0} \cdot 1,1 = 45,5 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затискування заготовки:

$$Q = \frac{45,5 \cdot 2,2}{0,15} = 667,3 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндру.

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}; \quad (3.7)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

де i – передаточне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування $i=1$.

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 667,3$ (Н)

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta. \quad (3.8)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.9)$$

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока;

η – ККД пневмоциліндру;

p – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр.

Маємо: $\eta = 0,8$; $p = 0,5$ МПа; $d = 14$ мм.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 667,3}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,6} + 14^2} = 32,9 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 40$ мм.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Розрахунок проведемо для вісі, що з'єднує шток пневмоциліндру та важелі.
Розрахунок виконуємо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.10)$$

де P_{\max} – максимальне зусилля зрізу, Н

$$P_{\max} = Q_{ra} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta, \quad (3.11)$$

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (40^2 - 14^2)}{4} \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 529 \text{ (Н)};$$

$[\tau] = 70 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зріз;

F_{\min} – площа поперечного перерізу вісі, мм²;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.12)$$

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,86 \text{ (мм)}.$$

Тоді, за формулою (3.10), маємо

$$\tau = \frac{529}{153,86} = 3,4 \text{ (МПа)},$$

$$3,4 < 70$$

Отже робимо висновок, що міцність вісі достатня.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі що виготовляється зі сталі 30X13 (ДСТУ 7807:2015), способи отримання заготовки для порівняння наступні: виготовлення куванням та штампування на ГKM [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

$$C_{\text{К}} = 0,001 \cdot (C_{\text{БК}} \cdot G_{\text{К}} \cdot K_{\text{ТК}} \cdot K_{\text{СК}} \cdot K_{\text{МК}} \cdot K_{\text{ПК}} \cdot K_{\text{ВК}} - (G_{\text{К}} - G_{\text{Д}}) \cdot C_{\text{ВХ}}) \quad (4.1)$$

де $C_{\text{БК}}$ – базова ціна однієї тони матеріалу, грн.

$G_{\text{Д}}$ – маса деталі, кг, $G_{\text{Д}} = 24,2$ кг.;

$G_{\text{К}}$ – маса кованки, кг,

$$G_{\text{К (кув-я)}} = \frac{24,2}{0,6} = 40,3 \text{ (кг)};$$

$$G_{\text{К (штам-я)}} = \frac{24,2}{0,8} = 30,25 \text{ (кг)}.$$

$K_{\text{ТК}}$, $K_{\text{СК}}$, $K_{\text{МК}}$, $K_{\text{ПК}}$, $K_{\text{ВК}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувального обладнання.

$C_{\text{ВХ}}$ – ціна відходу матеріалу, грн.

Основними ознаками класифікації штампованих кованок є: точність виготовлення, група сталі, конфігурація поверхні різнімання штампа, що використовується, ступінь складності.

Знаходимо для заготовки деталі:

- ступінь складності С2;

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- група сталі М3;

- клас точності Г4

- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{TK}=1,0; K_{СК}=1,24; K_{ВК}=1,0; K_{ПК}=1,27; K_{МК}=1,14;$$

$$K_{TK}=1,0; K_{СК}=1,43; K_{ВК}=1,04; K_{ПК}=1,27; K_{МК}=1,14.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 30Х13 – 220000 грн. за тону, оптову ціну відходів – 20000 грн.

Порівняймо ціни кованок для двох методів отримання заготовок: для вільного кування та штампування на молотах:

$$C_{B.KVB} = 0,001(220000 \cdot 40,3 \cdot 1,0 \cdot 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (40,3 - 24,2) \cdot 20000) = 15594,9 \text{ грн.};$$

$$C_{Ш} = 0,001(220000 \cdot 30,25 \cdot 1,0 \cdot 1,43 \cdot 1,04 \cdot 1,27 \cdot 1,14 - (30,25 - 24,2) \cdot 20000) = 14208,3 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням ринної програми випуску:

$$E = (15594,9 - 14208,3) \cdot 550 = 762630 \text{ (грн.)}$$

Висновок: як видно із розрахунків ціна заготовок, отриманих штампуванням, нижча за ціну кованок.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4.2 Розрахунок освітлення виробничої ділянки

Розрахунок будемо проводити по виявленню потрібного світлового потоку методом коефіцієнта використання, який дозволяє забезпечити середнє освітлення поверхні з врахуванням всіх падаючих на неї потоків, як прямих так і відбитих [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Світловий потік лампи:

$$\Phi = E_n \cdot A \cdot k \cdot z \cdot (n \cdot N), \quad (4.2)$$

де E_n – нормована освітленість, лк;

k – коефіцієнт запасу;

A – освітлювальна площа, m^2 ;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості (при освітленні приміщення світильниками розташованими по вершинах квадратних полів $z=1,15$);

N – число світильників, шт.;

n – коефіцієнт використання світильників, що визначають по індексу приміщення i_n і коефіцієнтами відбивання стелі, стін і підлоги ($\rho_{st}, \rho_{sc}, \rho_p$)

$$i_n = a \cdot b / [h \cdot (a + b)] \quad (4.3)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м;

h – висота підвіски світильників.

Проектуємо тимчасове загальне рівномірне освітлення дільниці заводу. На дільниці відбувається перенесення деталей і рух працівників до робочих місць. Розміри дільниці $a=8$ м, $b=7$ м, $H=5$ м. Потрібно визначити тип, вид, кількість і потрібний світловий потік джерел світла, вибрати світильники та їх розміщення.

Як джерело електричного світла виобраємо лампу. Для даних габаритів дільниці дефекації доцільно підібрати світильник типу «Астра», що має діаметр і

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

висоту відповідно 208×315 мм, захисний кут $\gamma = 30^\circ$. По таблиці довідника вибираємо коефіцієнт запасу $k = 1,5$. Коефіцієнт, що характеризує нерівномірність освітлення, приблизно приймаємо рівним $z = 1,15$.

Для визначення коефіцієнта використання знаходимо індекс приміщення:

$$i_{\text{п}} = 8 \cdot 7 / [2,1 \cdot (8 + 7)] = 1,7, \quad (4.4)$$

де $h = 2,1$ м найвигідніша висота підвіски світильників.

Вибираємо значення коефіцієнтів відбиття $\rho = 30\%$ і $\rho_{\text{с}} = \rho_{\text{р}} = 10\%$. Знаходимо $\eta = 48\%$.

Світовий потік всіх ламп дорівнює

$$\Phi = 2 \cdot 55,3 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot 0,48 = 344,5 \text{ (лм)} \quad (4.5)$$

Вибираємо лампи В220-15, із світловим потоком 105 лм. Визначаємо необхідне число ламп: В220-15 – 3 шт.

Перевіряємо умову економічності зробленого вибору. Відхилення фактичного світлового потоку всіх ламп складає 8,5%, що задовольняє умову $1\% < \Phi < 20\%$.

Так, як вибраний світильник має конусну характеристику розподілення сили світлового потоку, то коефіцієнт економічної вигоди складе $\lambda_{\text{е}} = 1,6$; тоді економічно вигідна відстань, м, між світильниками буде

$$L = \lambda_{\text{е}} \cdot h \quad (4.6)$$

$$L = 1,6 \cdot 2,1 = 3,36 \text{ м.}$$

Враховуючи розміри ділянки, приймаємо відстань між світильниками $L = 3,4$ м.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

4.3 Екологічна трансформація машинобудування

Екологічні аспекти машинобудівного виробництва стають все більш значущими в сучасному світі, де охорона навколишнього середовища та раціональне використання ресурсів виходять на перший план. Машинобудування зазвичай пов'язане з високим рівнем забруднення повітря, води та ґрунту. Виробничі процеси супроводжуються викидами шкідливих речовин – від газів та пилу до важких металів та промислових стоків. Крім того, галузь залишається однією з найбільш енерго- та ресурсомістких: значні обсяги електроенергії, води та металів витрачаються на обробку, складання, термічну обробку та інші стадії виробництва.

Істотною проблемою є і утворення відходів: металева стружка, відпрацьовані оливи, зношені деталі та пакувальні матеріали нерідко утилізуються без належної переробки. Крім цього, екологічне навантаження чинить і шумове забруднення від роботи верстатів та пресів, особливо у містах та промислових зонах.

Проте останні десятиліття машинобудування починає активно змінюватися під впливом вимог сучасного розвитку. Однією з ключових перспектив стає запровадження принципів «зеленого» виробництва та циркулярної економіки. Виробничі підприємства дедалі частіше переходять на замкнуті цикли, у яких відходи переробляються та повертаються у виробничий процес. Зростає інтерес до застосування вторинних та екологічно чистих матеріалів, а також до технологій повторного використання вузлів та агрегатів, які отримали розвиток у рамках ремануфактурингу.

Велике значення має цифровізація галузі: використання автоматизованих систем, цифрових двійників та технологій Інтернету речей дозволяє не лише підвищити ефективність виробництва, а й значно знизити кількість відходів та шкідливих викидів. Сучасні системи управління дають можливість точно дозувати матеріали, оптимізувати споживання енергії та знижувати виробничі витрати.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Нарешті, екологізація машинобудування неможлива без застосування екологічного менеджменту. Дедалі більша кількість підприємств проходить сертифікацію за міжнародними стандартами ISO 14001 та ISO 50001, що регулюють екологічні та енергетичні аспекти виробництва. Також посилюється контроль з боку держави та суспільства, що стимулює бізнес впроваджувати більш стійкі рішення та знижувати негативний вплив на довкілля.

Таким чином, екологічна трансформація машинобудування не просто тренд, а стратегічна необхідність. Впровадження інноваційних, енергоефективних та ресурсозберігаючих технологій відкриває нові можливості як для сталого розвитку, так і для підвищення конкурентоспроможності галузі на глобальному рівні.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 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. Визначено службове призначення трьохплунжерного насосу. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 63e8 \left(\frac{+0,060}{-0,06} \right)$ мм розрахунково-аналітичним методом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час обробки деталі на операції 035. Визначено зусилля затиску, розраховані параметри силового пристосу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 550 шт. склав 762530 грн. Окрім того, запропоновано розрахунок освітлення виробничої ділянки. Пріділено увагу особливостям екологічної трансформації машинобудування.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик приводу насосу, кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пристосування для реалізації процесу механічної обробки лисок на деталі.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 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, 1996. 368 с.
5. Бейчик 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.Є., Ткачов Ю.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].23.09.00.000 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. Кащенко 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., Труцько 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].23.09.00.000 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.П., 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.Д. 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].23.09.00.000 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., Божнецький 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., Гнітас С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].23.09.00.000 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].23.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

