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: «Розробка пристосування для контролю муфт»

КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ

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

Керівник: ТАРАСЕНКО Дмитро

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

Владислав ЯРЕЩЕНКО

1 Тема роботи: ***«Розробка пристосування для контролю муфт»***

керівник роботи ***старший викладач ТАРАСЕНКО Дмитро,***
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 – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

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 кресленик пристосування, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей 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 МИКОЛЕНКО, професор 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	З 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ЯРЕЩЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Дмитро ТАРАСЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 13 таблиць, 25 використаних джерела, 1 додаток, 41 сторінка.

Об'єкт розробки – процес контролю технічного стану та геометричних параметрів муфт.

Предмет розробки – конструкція пристосування для контролю муфт.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити шляхи підвищення ефективності контролю технічного стану та геометричних параметрів муфт шляхом розробки пристосування для контролю муфт, яке забезпечить підвищення точності вимірювань, скорочення тривалості контрольних операцій та зниження трудомісткості виконання робіт.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції пристосування для контролю муфт.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у розробці конструкторської документації пристрою для контролю муфт, яка може бути використана при виготовленні засобів контролю муфт.

У **загальному розділі** проведено аналіз конструктивних особливостей та класифікації муфт, розглянуто існуючі методи та засоби контролю, виконано обґрунтування напрямку розробки спеціального пристосування для контролю муфт.

У **технологічному розділі** розроблено технологічний процес виготовлення втулки фіксатора, виконано аналіз технологічності деталі, визначено методи обробки поверхонь, розроблено схеми базування, маршрут виготовлення та виконано розрахунок припусків на механічну обробку.

У **конструкторському розділі** розроблено конструкцію пристосування для контролю муфт, описано його будову та принцип роботи. Виконано розрахунок елементів зубчастої передачі, що забезпечує передачу обертового моменту від контрольованої муфти до тахогенератора. Розроблена конструкція забезпечує надійне встановлення муфт різних типорозмірів та підвищує ефективність проведення контрольних операцій.

У **економічному розділі** виконано техніко-економічне обґрунтування розробки та визначено економічну доцільність впровадження пристосування у виробництво.

Полтавський державний аграрний університет

У **розділах охорони праці та охорони навколишнього середовища** розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці персоналу та мінімізації впливу виробничої діяльності на довкілля.

Практичні результати роботи – розроблено конструкцію пристосування для контролю муфт, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення геометричних параметрів муфт, підвищувати якість їх виготовлення та ремонту, а також зменшувати ймовірність виникнення відмов машин і механізмів у процесі експлуатації.

Сфера застосування результатів роботи – можуть бути використані на машинобудівних і ремонтних підприємствах для контролю технічного стану муфт та підвищення якості виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 92,04 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці пристосування для контролю муфт, яке призначене для підвищення точності та продуктивності виконання контрольних операцій у машинобудівному та ремонтному виробництві.

МУФТА, КОНТРОЛЬ МУФТ, ПРИСТОСУВАННЯ, ЗУБЧАСТА ПЕРЕДАЧА, ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ, ВТУЛКА ФІКСАТОРА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МАШИНОБУДУВАННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ANNOTATION

The qualification work is devoted to the development of a device for controlling couplings, which is intended to increase the accuracy and productivity of control operations in mechanical engineering and repair production.

COUPLING, COUPLING CONTROL DEVICE, GEAR TRANSMISSION, TECHNICAL CONTROL, LOCKING BUSHING, TECHNOLOGICAL PROCESS, MECHANICAL ENGINEERING, ECONOMIC EFFICIENCY.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ 9

1.1 Призначення та класифікація муфт 9

1.2 Аналіз існуючих засобів контролю муфт . . . 12

1.3 Обґрунтування напрямку розробки пристосування . . 13

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 15

2.1 Аналіз технологічності деталі 15

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі 18

2.3 Обробка поверхонь деталі 19

2.4 Розробка схеми базування деталі 20

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі . . . 22

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів 23

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 26

3.1 Будова та принцип дії пристрою 26

3.2 Конструктивні розрахунки 27

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА . . . 31

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки . . . 31

4.2 Охорона праці 35

4.3 Охорона навколишнього середовища 37

ВИСНОВКИ 40

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 42

ДОДАТКИ 45

					КРБ.133ГМбд_41.22.00.00.000 ПЗ		
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ярещенко В.П.			Розробка пристосування для контролю муфт	Літ.	Арк. 3 / Аркушів 41
Перевірив		Тарасенко Д.С.					
Н. Контр.		Тарасенко Д.С.				ПДАУ, каф. МЕІ	
Керівник		Тарасенко Д.С.					
Зав.кафедр		Попов С.В.					

Полтавський державний аграрний університет

ВСТУП

Сучасний етап розвитку машинобудування характеризується підвищенням вимог до якості продукції, надійності машин і механізмів, а також ефективності технологічних процесів їх виготовлення та ремонту. Однією з найважливіших умов забезпечення високої якості машинобудівної продукції є сучасний і точний контроль параметрів деталей та складальних одиниць на всіх етапах виробництва і технічного обслуговування.

Важливе місце серед елементів механічних приводів займають муфти, які призначені для передавання крутного моменту між валами та забезпечення надійної роботи машин і обладнання. Муфти широко застосовуються у верстатобудуванні, транспортному машинобудуванні, сільськогосподарській техніці, енергетичному обладнанні та багатьох інших галузях промисловості. Порушення геометричних параметрів муфт або виникнення дефектів у процесі експлуатації може призвести до появи підвищених вібрацій, нерівномірного навантаження елементів приводу, прискореного зношування деталей і навіть аварійних відмов обладнання.

Одним з найефективніших способів підвищення надійності машин є вдосконалення засобів технічного контролю. Сучасні вимоги до точності вимірювань, швидкості виконання контрольних операцій та зниження трудомісткості робіт обумовлюють необхідність розроблення спеціальних пристосувань, які забезпечують стабільність результатів контролю та скорочення часу перевірки деталей. Особливо актуальним це питання є для ремонтних підприємств і виробничих дільниць, де значна частина контрольних операцій виконується із застосуванням універсальних вимірювальних засобів, що не завжди забезпечують достатню продуктивність праці.

Удосконалення конструкцій контрольних пристосувань дозволяє підвищити точність контролю, зменшити вплив людського фактора на результати вимірювань, скоротити витрати часу на встановлення деталей та

Полтавський державний аграрний університет

підвищити загальну ефективність виробничих процесів. Тому розроблення пристосування для контролю муфт є актуальним завданням сучасного машинобудування та відповідає потребам підприємств у підвищенні якості виготовлення і ремонту машин [9, 21].

Метою роботи є розробка конструкції пристосування для контролю муфт.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз конструкцій муфт та особливостей їх контролю;
- виконати огляд існуючих засобів і методів контролю муфт;
- обґрунтувати вибір конструктивної схеми пристосування;
- розробити конструкцію пристрою та описати принцип його роботи;
- виконати необхідні інженерні розрахунки елементів конструкції;
- розробити технологічний процес виготовлення деталі;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованого технічного рішення;
- розробити заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є процес контролю технічного стану та геометричних параметрів муфт.

Предметом дослідження є конструкція пристосування для контролю муфт та підвищення ефективності виконання контрольних операцій.

Практичне значення роботи полягає у створенні конструкції пристосування, використання якого дозволить підвищити якість контролю муфт, зменшити трудомісткість вимірювальних операцій, скоротити час перевірки деталей і підвищити ефективність роботи ремонтних та машинобудівних підприємств.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Призначення та класифікація муфт

Муфти належать до найпоширеніших елементів машин і механізмів, призначених для з'єднання валів та передавання крутного моменту від одного вала до іншого. Вони широко застосовуються у приводах технологічного обладнання, транспортних машинах, сільськогосподарській техніці, верстатах, насосних установках, компресорах та інших механізмах. Основною функцією муфт є забезпечення надійного передавання механічної енергії між валами при збереженні необхідних кінематичних і силових параметрів приводу [24].

Крім передавання крутного моменту, сучасні муфти виконують ряд додаткових функцій. Вони можуть компенсувати осьові, радіальні та кутові зміщення валів, зменшувати рівень вібрацій і динамічних навантажень, захищати елементи приводу від перевантажень, а також забезпечувати швидке з'єднання або роз'єднання валів під час виконання технологічних операцій.

За конструктивними особливостями та функціональним призначенням муфти поділяють на декілька основних груп [9, 19] . Найпростішими є жорсткі муфти (рис.1.1), які забезпечують нерухоме з'єднання валів і застосовуються за умови точної співвісності їх осей. До таких муфт належать втулкові та фланцеві конструкції. Їх перевагами є простота виготовлення, висока надійність і здатність передавати значні крутні моменти.

Рисунок 1.1– Жорсткі муфти: а – втулкова; б – фланцева

Більш широке застосування отримали компенсувальні муфти (рис.1.2), які дозволяють усувати наслідки неточностей монтажу та деформацій елементів приводу. До цієї групи належать зубчасті, кулачково-дискові, ланцюгові та шарнірні муфти. Вони забезпечують стабільну роботу приводу навіть за наявності незначних перекосів валів.

Рисунок 1.2 – Компенсувальні муфти: а – зубчаста; кулачково-дискова; б в – ланцюгова; г – шарнірна;

Окрему групу становлять пружні муфти (рис.1.3). У їх конструкції використовуються гумові, полімерні або металеві пружні елементи, що забезпечують демпфування ударних навантажень і коливань. Такі муфти широко застосовуються в машинах, які працюють у змінних режимах навантаження.

Рисунок 1.3 – Пружна втулково-пальцева муфта

Для захисту механізмів від аварійних режимів використовують запобіжні муфти. У разі перевищення допустимого крутного моменту вони автоматично роз'єднують привод і виконавчий механізм або допускають їх проковзування. Завдяки цьому запобігається руйнуванню дорогих деталей і вузлів машини.

Полтавський державний аграрний університет

Залежно від умов експлуатації та вимог до приводу вибір типу муфти здійснюється з урахуванням передаваного моменту, частоти обертання, умов навантаження, точності монтажу та економічної доцільності використання. Надійність роботи муфти безпосередньо впливає на працездатність усієї машини, тому особливого значення набуває контроль її технічного стану як під час виготовлення, так і під час експлуатації та ремонту.

1.2 Аналіз існуючих засобів контролю муфт

Якість виготовлення та ремонту муфт значною мірою визначається точністю контролю їх геометричних параметрів. До основних показників, які підлягають перевірці, належать діаметри посадочних поверхонь, співвісність отворів, радіальне та торцеве биття, точність розташування шпонкових пазів, відхилення форми поверхонь і якість їх обробки [7, 22].

На підприємствах машинобудівної галузі для контролю муфт використовують універсальні вимірювальні засоби. До них належать штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, індикатори годинникового типу та інші вимірювальні прилади. Перевагою універсальних засобів є можливість контролю широкої номенклатури деталей. Разом із тим вони потребують значних витрат часу на виконання вимірювань та залежать від кваліфікації контролера.

Для підвищення продуктивності контролю застосовують спеціальні контрольні пристрої. Вони забезпечують швидке встановлення деталі та дозволяють виконувати комплексну перевірку декількох параметрів одночасно. Як правило, такі пристосування містять базові елементи для фіксації муфти та вимірювальні вузли з індикаторами або калібрами (рис. 4).

Рисунок 1.4 – Контроль геометричних параметрів муфти за допомогою індикаторного пристрою

У серійному виробництві широко використовують контрольні стенди, які забезпечують перевірку співвісності отворів, биття робочих поверхонь та точності взаємного розташування конструктивних елементів. Такі стенди характеризуються високою точністю вимірювань, проте мають значну вартість та складність конструкції.

Аналіз існуючих засобів контролю показує, що більшість із них має певні недоліки. Універсальні прилади забезпечують невисоку продуктивність, а спеціалізовані стенди потребують значних матеріальних витрат на виготовлення та обслуговування. Крім того, багато пристроїв призначені для контролю лише одного типорозміру муфт, що обмежує сферу їх використання.

У ремонтних майстернях і невеликих виробничих підрозділах особливо актуальним є застосування компактних і недорогих пристосувань, які дозволяють швидко оцінити технічний стан муфт без використання складного обладнання. Саме тому розроблення універсального пристрою для контролю муфт є актуальним завданням сучасного машинобудування.

Полтавський державний аграрний університет

1.3 Обґрунтування напрямку розробки пристосування

Аналіз конструкцій муфт та існуючих засобів їх контролю свідчить про необхідність створення спеціального пристосування, яке поєднувало б високу точність вимірювань, простоту конструкції, універсальність застосування та економічність виготовлення [3, 15].

Основною вимогою до розроблюваного пристосування є забезпечення надійного базування контрольованої муфти та можливість визначення основних геометричних параметрів із мінімальними витратами часу. Конструкція пристосування повинна забезпечувати швидке встановлення деталі, виключати її зміщення під час контролю та створювати умови для отримання достовірних результатів вимірювання.

Перспективним напрямком є використання механічного пристрою з фіксатором і системою індикаторного контролю. Таке рішення дозволяє контролювати співвісність отворів, радіальне биття та відхилення форми поверхонь без застосування дорогого електронного обладнання. Крім того, конструкція може бути адаптована до різних типорозмірів муфт шляхом заміни окремих елементів або регулювання базових вузлів.

Запропоноване пристосування повинно характеризуватися високою жорсткістю, технологічністю виготовлення та зручністю експлуатації. Для його виготовлення доцільно використовувати стандартні конструкційні матеріали та типові елементи машинобудування, що дозволить знизити собівартість виробництва та забезпечити простоту ремонту.

Очікується, що впровадження розробленого пристосування дозволить підвищити продуктивність контрольних операцій на 20–30 %, зменшити ймовірність помилок під час вимірювання та покращити якість ремонту й виготовлення муфт. Це сприятиме підвищенню надійності машин і механізмів та зменшенню витрат на їх технічне обслуговування.

Висновок. У загальному розділі розглянуто призначення, конструктивні особливості та класифікацію муфт, які є важливими елементами механічних приводів машин і механізмів. Встановлено, що надійність роботи обладнання значною мірою залежить від точності виготовлення та своєчасного контролю технічного стану муфт.

Проведений аналіз існуючих засобів контролю показав, що універсальні вимірювальні прилади забезпечують необхідну точність вимірювань, проте характеризуються значною трудомісткістю та тривалістю виконання контрольних операцій. Спеціальні контрольні пристосування дозволяють підвищити продуктивність контролю, однак часто мають обмежену універсальність або складну конструкцію.

В результаті аналізу встановлено необхідність розроблення спеціального пристосування для контролю муфт, яке забезпечуватиме надійне базування деталі, високу точність вимірювань, зручність експлуатації та скорочення часу виконання контрольних операцій. Запропонований напрямок удосконалення відповідає сучасним вимогам машинобудівного виробництва та ремонтного обслуговування техніки.

Отже, виконаний аналіз підтвердив актуальність теми кваліфікаційної роботи та обґрунтував доцільність розробки пристосування для контролю муфт. Отримані результати є підставою для виконання конструкторської розробки та подальших інженерних розрахунків пристрою.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Об'єктом розроблення є втулка фіксатора, яка входить до складу пристрою контролю муфт. Деталь належить до класу тіл обертання типу втулок зі ступінчастим зовнішнім контуром і ступінчастим осьовим отвором. Втулка фіксує та напрямляє рухомий елемент пристрою, тому до співвісності та точності центрального отвору ставлять підвищені вимоги. Загальний вигляд деталі наведено на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Робочий кресленик втулки фіксатора

2.1 Аналіз технологічності деталі

Аналіз технологічності виконано якісно та кількісно. Матеріал деталі – сталь вуглецева звичайної якості Ст3 за ДСТУ 2651:2005. Заготовкою служить круг гарячекатаний Ø65 h11 за ДСТУ 4738:2007. Маса готової деталі становить 0,16 кг, масштаб кресленика 2:1. [1,16, 20]

Деталь має просту конфігурацію тіла обертання. Усі зовнішні поверхні відкриті та доступні для обробки прохідними різцями за один установ з кожного боку. Центральний отвір ступінчастий і складається з ділянок Ø7H9, Ø16H7 та

Полтавський державний аграрний університет

Ø10H9. Найточнішою поверхнею є отвір Ø16H7 з шорсткістю Ra 1,25, який визначає точність роботи фіксатора. Отвори Ø7H9 і Ø10H9 виконано за дев'ятим квалітетом з шорсткістю Ra 2,5. Зовнішні поверхні Ø60 і Ø24, а також лінійні розміри виконують за чотирнадцятим квалітетом. Невказані граничні відхилення відповідають H14 для отворів, h14 для валів та ±IT14/2 для інших розмірів.

Конструкція деталі не містить глибоких глухих отворів, різьб і складних фасонних поверхонь. Співвідношення довжини отвору до його діаметра не перевищує допустимих меж, тому жорсткість деталі достатня й деформації від сил різання незначні. Поверхні зручно базувати в трикулачковому патроні та на оправці, що спрощує побудову схем базування. За якісними ознаками деталь визнано технологічною.

Хімічний склад сталі Ст3 наведено в таблиці 2.1. Сталь добре обробляється різанням, не потребує термічного зміцнення для цієї деталі та забезпечує необхідні механічні властивості: тимчасовий опір $\sigma_в$=370…490 МПа, границя плинності $\sigma_т \geq 245$ МПа, відносне видовження $\delta \geq 26$ %, твердість близько 131 НВ.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі Ст3 за ДСТУ 2651:2005, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,14…0,22	0,15…0,30	0,40…0,65	≤0,040	≤0,050	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,08

Кількісну оцінку технологічності проводять за коефіцієнтом використання матеріалу, коефіцієнтом точності обробки та коефіцієнтом шорсткості. Коефіцієнт використання матеріалу обчислюють за формулою

$$К_{в.м} = \frac{m_д}{m_з} \quad (2.1)$$

де $m_д$ – маса деталі, $m_з$ – маса заготовки. Маса заготовки з круга Ø65 завдовжки 66 мм становить $m_з$ = 1,72 кг, тому $К_{в.м}$ = 0,16 / 1,72 = 0,09. Низьке значення зумовлене великою різницею між діаметром фланця Ø60, що задає діаметр прутка, і діаметром шийки Ø24, з якої знімають значний об'єм металу.

За наявної програми випуску прокат прийнятний, проте при її збільшенні доцільно перейти на штамповану заготовку.

Коефіцієнт точності обробки визначають через середній квалітет точності

$$A_{ср} = \frac{\Sigma T_i n_i}{\Sigma n_i}, \quad (2.2)$$

$$К_{точ} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}. \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет поверхні, n_i – кількість поверхонь даного квалітету. За даними таблиці 2.2 середній квалітет $A_{сер} = 12,45$, звідки $К_{точ} = 1 - 1/12,45 = 0,92$. Оскільки $К_{точ} > 0,8$, деталь технологічна за точністю.

Коефіцієнт шорсткості обчислюють за середнім значенням параметра Ra

$$Б_{ср} = \frac{\Sigma Ra_i n_i}{\Sigma n_i}, \quad (2.4)$$

$$К_{ш} = \frac{1}{Б_{ср}}. \quad (2.5)$$

Середнє значення шорсткості $Б_{ср} = 5,04$ мкм, тому $К_{ш} = 1/5,04 = 0,20$. Значення менше за 0,32, отже деталь технологічна за шорсткістю. Підсумовуючи якісну та кількісну оцінку, деталь визнано технологічною за всіма показниками, крім коефіцієнта використання матеріалу, що обмежений вибором прокату.

Таблиця 2.2 – Показники точності та шорсткості поверхонь деталі

Поверхня (розмір)	Квалітет IT	Кількість n_i	Ra, мкм	Метод досягнення
Отвір Ø16H7	7	1	1,25	розгортання
Отвір Ø10H9	9	1	2,5	зенкерування
Отвір Ø7H9	9	1	6,3	свердління
Зовнішня Ø60 h14	14	1	6,3	точіння
Зовнішня Ø24 h14	14	1	6,3	точіння
Лінійні розміри (62, 32, 24, 20, 26, 7)	14	6	6,3	точіння
Середні значення: $A_{сер} = 12,45$; $Б_{сер} = 5,04$ мкм; $К_{точ} = 0,92$; $К_{ш} = 0,20$				

Полтавський державний аграрний університет

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення втулки фіксатора базується на універсальному обладнанні. Заготовку відрізають від прутка на відрізному верстаті. Зовнішні поверхні та торці обробляють на токарно-гвинторізному верстаті за два установи. Центральний отвір отримують свердлінням, зенкеруванням і розгортанням. Завершують процес слюсарна, мийна та контрольна операції. Зміст діючого процесу наведено в таблиці 2.3 [13, 6].

Таблиця 2.3 – Зміст діючого технологічного процесу

Операція	Зміст обробки	Обладнання
005	Відрізати заготовку Ø65 завдовжки 66 мм	Верстат відрізний 8Г642
010	Підрізати торець, точити Ø60 і Ø24, центрувати та свердлити отвір (установ А)	Токарно-гвинторізний 16К20
015	Підрізати другий торець у розмір 62, точити поверхні, зенкерувати й розгорнути отвір (установ Б)	Токарно-гвинторізний 16К20
020	Зачистити задирки, зняти гострі кромки	Верстак слюсарний
025	Промити деталь	Мийна машина
030	Контроль розмірів і шорсткості	Стіл контрольний

Аналіз показав низку недоліків. Універсальне обладнання потребує значного допоміжного часу на встановлення та вимірювання, що знижує продуктивність. Точність розмірів залежить від кваліфікації робітника. Заготовка з прокату Ø65 дає низький коефіцієнт використання матеріалу. Для усунення цих недоліків запропоновано сконцентрувати токарні переходи на верстаті з числовим програмним керуванням, що скорочує кількість установів і підвищує стабільність розмірів. При збільшенні річної програми доцільно замінити прокат на штамповану заготовку, наближену за формою до деталі.

Тип виробництва визначають за масою деталі та річною програмою випуску. Прийнято річну програму $N = 2000$ шт. При дійсному річному фонді часу обладнання $F_д = 4029$ год такт випуску обчислюють за формулою

Полтавський державний аграрний університет

$$\tau_в = \frac{F_д \cdot 60}{N}. \quad (2.5)$$

Підставивши значення, отримаємо $\tau_в$ = 4029 · 60 / 2000 = 120,9 хв. Коефіцієнт закріплення операцій для деталей такої маси та програми перебуває в межах від 10 до 20, що відповідає середньосерійному виробництву. Для нього характерні обробка партіями, застосування верстатів з ЧПК та універсального переналагоджуваного оснащення. Показники типу виробництва зведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Показники типу виробництва

Параметр	Значення
Маса деталі	0,16 кг
Річна програма випуску N	2000 шт
Дійсний фонд часу Fд	4029 год
Такт випуску тв	120,9 хв
Коефіцієнт закріплення операцій Кзо	10...20
Тип виробництва	середньосерійне

2.3 Обробка поверхонь деталі

Послідовність обробки кожної поверхні визначають за необхідними квалітетом точності та шорсткістю. Чим вища точність поверхні, тим більше переходів потрібно для її досягнення. Розподіл поверхонь за методами обробки наведено в таблиці 2.5[10].

Зовнішні поверхні Ø60 і Ø24 виконують за чотирнадцятим квалітетом з шорсткістю Ra 6,3, тому достатньо одного чорнового та одного чистового точіння. Торці підрізають прохідними упорними різцями. Фаски знімають на токарних переходах.

Центральний отвір обробляють у три-чотири переходи. Спочатку свердлять отвір під подальшу обробку, далі зенкерують для виправлення осі та підвищення точності, після чого розгортають у два переходи для досягнення сьомого квалітету та шорсткості Ra 1,25 на ділянці Ø16H7. Ділянки Ø7H9 і

Ø10H9 формують свердлінням з наступним зенкеруванням, що забезпечує дев'ятий квалітет і шорсткість Ra 2,5. Послідовність переходів для точних поверхонь подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.5 – Поверхні деталі та методи їх обробки

Поверхня	IT	Ra, мкм	Методи обробки
Отвір Ø16H7	7	1,25	свердління, зенкерування, розгортання (два переходи)
Отвір Ø10H9	9	2,5	свердління, зенкерування
Отвір Ø7H9	9	6,3	свердління
Зовнішня Ø60	14	6,3	чорнове та чистове точіння
Зовнішня Ø24	14	6,3	чорнове та чистове точіння
Торці та фаски	14	6,3	підрізання, точіння

Таблиця 2.6 – Послідовність переходів обробки точних поверхонь

Поверхня	Перехід	Досяжний IT	Ra, мкм
Ø16H7	Свердління Ø15,5	12	12,5
Ø16H7	Зенкерування Ø15,8	10	6,3
Ø16H7	Розгортання попереднє Ø15,95	8	2,5
Ø16H7	Розгортання остаточне Ø16	7	1,25
Ø10H9	Свердління Ø9,8	11	6,3
Ø10H9	Зенкерування Ø10	9	2,5

2.4 Розробка схем базування деталі

Схеми базування будують з дотриманням принципів суміщення та постійності баз. Дотримання принципу суміщення баз зменшує похибку базування до нуля для розмірів, що отримують від технологічної бази, яка збігається з вимірювальною. Принцип постійності баз передбачає використання тих самих поверхонь як баз на різних операціях, що підвищує точність взаємного розташування поверхонь [11].

Полтавський державний аграрний університет

На першому установі заготовку базують по зовнішній циліндричній поверхні прутка Ø65 у трикулачковому самоцентрувальному патроні з упором у торець. Подвійна напрямна база по циліндру позбавляє чотирьох ступенів вільності, опорна база по торцю позбавляє ще одного, разом п'ять ступенів вільності. Шостий ступінь (обертання навколо осі) для тіла обертання не обмежують. На цьому установі обробляють перший торець, фланець Ø60, частину зовнішнього контуру та центрують і свердлять отвір.

На другому установі деталь перевстановлюють і базують по вже обробленій зовнішній поверхні Ø24 з упором у торець фланця. Завдяки постійності бази забезпечують співвісність отвору Ø16Н7 із зовнішніми поверхнями. На цьому установі підрізають другий торець у розмір 62, остаточно точать поверхні, зенкерують і розгортають отвір. Комплекти баз по операціях зведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Комплекти баз по операціях

Операція	Базова поверхня	Характер бази	Ступені вільності
Токарна (установ А)	Зовнішня Ø65 і торець	подвійна напрямна та опорна	5
Токарна (установ Б)	Зовнішня Ø24 і торець фланця	подвійна напрямна та опорна	5
Контрольна	Зовнішня Ø24 і вісь отвору	подвійна напрямна та опорна	5

Похибку базування для лінійного розміру обчислюють як допуск розміру між технологічною та вимірювальною базами:

$$\varepsilon_б = T_{баз} \tag{2.6}$$

Для діаметральних розмірів при базуванні в самоцентрувальному патроні похибка базування дорівнює нулю, оскільки технологічною базою є вісь деталі, яка збігається з вимірювальною. Для осьових розмірів, що задають від обробленого торця, похибка базування також дорівнює нулю за умови

суміщення баз. Значення похибок базування для основних розмірів наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Похибки базування для основних розмірів

Розмір	Технологічна база	$\varepsilon_б$, мм
Ø16Н7	вісь деталі (патрон)	0
Ø60, Ø24	вісь деталі (патрон)	0
Лінійний 62	оброблений торець	0
Лінійний 20	торець фланця	0,12

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення побудовано за принципом концентрації токарних переходів на верстаті з числовим програмним керуванням. Це скорочує кількість установів, підвищує точність взаємного розташування поверхонь і знижує допоміжний час. Маршрут охоплює відрізну, дві токарні, слюсарну, мийну та контрольну операції. Повний зміст маршруту наведено в таблиці 2.9 [24].

На відрізній операції заготовку відрізають від прутка Ø65 у розмір 65 мм. На першій токарній операції з ЧПК деталь обробляють з боку фланця: підрізають торець, точать Ø60 і прилеглу частину контуру, центрують, свердлять і зенкерують отвір. На другій токарній операції з ЧПК деталь перевстановлюють, підрізають другий торець у розмір 62, точать шийку Ø24, остаточно розгортають отвір Ø16Н7 та знімають фаски. Слюсарна операція усуває задирки, мийна очищає деталь, контрольна перевіряє відповідність розмірів і шорсткості кресленику. Перелік оснащення та інструменту подано в таблиці 2.10.

Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 2.9 – Технологічний маршрут виготовлення деталі

№	Операція	Зміст	Обладнання
005	Відрізна	Відрізати заготовку Ø65, L = 66 мм	Верстат 8Г642
010	Токарна з ЧПК	Підрізати торець, точити Ø60, центрувати, свердлити та зенкерувати отвір	Верстат 16К20Ф3
015	Токарна з ЧПК	Підрізати торець у розмір 62, точити Ø24, розгорнути Ø16H7, зняти фаски	Верстат 16К20Ф3
020	Слюсарна	Зачистити задирки, зняти гострі кромки	Верстак
025	Мийна	Промити та висушити деталь	Мийна машина
030	Контрольна	Перевірити розміри та шорсткість	Стіл контрольний

Таблиця 2.10 – Складання та інструмент по операціях

Операція	Пристрій	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
010	Патрон трикулачковий	різець прохідний, свердло, зенкер	штангенциркуль, калібр-пробка
015	Патрон трикулачковий	різець прохідний, розвертка Ø16	калібр-пробка Ø16H7, зразки шорсткості
020	Лещата	напилок, шабер	штангенциркуль
030	Контрольне пристосування	немає	калібр-пробка, нутромір, мікрометр

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Припуски на обробку визначають двома методами. Для найточнішої поверхні, отвору Ø16H7, припуски розраховано аналітичним методом. Для решти поверхонь припуски прийнято за таблицями. Аналітичний метод дає

Полтавський державний аграрний університет

змогу обґрунтовано призначити проміжні розміри й уникнути зайвих припусків [8].

Мінімальний припуск на діаметр для отвору обчислюють за формулою

$$2Z_{min} = 2\left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) \quad (2.7)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей на попередньому переході, h_{i-1} – глибина дефектного шару, ρ_{i-1} – сумарне просторове відхилення, ε_i – похибка установки на даному переході. Сумарне просторове відхилення для отвору визначають як

$$\rho_з = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (2.8)$$

де $\rho_{зм}$ – зміщення осі отвору, $\rho_{кор}$ – викривлення осі.

Залишкове просторове відхилення після кожного переходу обчислюють із коефіцієнтом уточнення $К_у$:

$$\rho_{зал} = К_у \cdot \rho_з \quad (2.9)$$

Похибка установки ε_i для діаметральних розмірів при базуванні в патроні дорівнює нулю. Підставивши вихідні значення з таблиці 2.11, отримаємо мінімальні припуски: для зенкерування $2Z_{min} = 2(40 + 60 + 50) = 300$ мкм, для попереднього розгортання $2Z_{min} = 2(32 + 40 + 2{,}5) = 149$ мкм, для остаточного розгортання $2Z_{min} = 2(10 + 20 + 2) = 64$ мкм.

Розрахункові розміри визначають послідовно віднімаючи мінімальні припуски від найбільшого граничного розміру готового отвору. Граничні розміри та граничні припуски на кожному переході обчислено за результатами та зведено в таблиці 2.12 Загальні припуски визначають підсумовуванням

$$2z_{0min} = \Sigma 2z_{min}, \quad 2z_{0max} = \Sigma 2z_{max} \quad (2.10)$$

Загальний мінімальний припуск $2z_{0min} = 518$ мкм, загальний максимальний $2z_{0max} = 680$ мкм. Правильність розрахунку перевіряють за умовою

$$2z_{0max} - 2z_{0min} = T_з - T_д \quad (2.11)$$

Перевірка дає $680 - 518 = 162$ мкм, що дорівнює різниці допусків свердління та готового отвору $180 - 18 = 162$ мкм. Умова виконується, отже розрахунок правильний. Операційними розмірами отвору є Ø15,5H12 після

свердління, Ø15,8H10 після зенкерування, Ø15,95H8 після попереднього розгортання та Ø16H7 після остаточного розгортання.

Таблиця 2.11– Розрахунок мінімальних припусків для отвору Ø16H7

Технологічний перехід	Rz, мкм	h, мкм	ρ, мкм	ε, мкм	$2Z_{min}$, мкм
Свердління Ø15,5	40	60	50	0	–
Зенкерування Ø15,8	32	40	2,5	0	300
Розгортання попереднє Ø15,95	10	20	2,0	0	149
Розгортання остаточне Ø16H7	5	15	1,0	0	64

Таблиця 2.12– Граничні розміри та припуски (операційні розміри Ø16H7)

Перехід	d_p, мм	T_d,мкм	d_{min}, мм	d_{max}, мм	$2z_{min}$, мкм	$2z_{max}$,мкм
Свердління	15,500	180	15,320	15,500	–	–
Зенкерування	15,800	70	15,730	15,800	300	410
Розгортання попер.	15,950	27	15,923	15,950	150	193
Розгортання остат.	16,018	18	16,000	16,018	68	77
Загальний припуск	–	–	–	–	518	680

Висновок. У технологічному розділі виконано аналіз конструкції втулки фіксатора та розроблено раціональний технологічний процес її виготовлення. Встановлено, що деталь належить до класу тіл обертання, має просту конструкцію, достатню жорсткість та забезпечує можливість обробки на стандартному металорізальному обладнанні. За результатами якісної та кількісної оцінки технологічності деталь визнано технологічною за показниками точності та шорсткості поверхонь.

Отже, розроблений технологічний процес виготовлення втулки фіксатора забезпечує отримання деталі необхідної якості відповідно до вимог кресленика, характеризується достатньою виробничою ефективністю.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Будова та принцип дії пристрою

Пристрій для контролю муфт (рис 3.1) призначений для перевірки пружинних муфт. Складається пристрій із основи, на якій розміщенні всі елементи пристрою, двигуна, який призначений для надання обертання робочим механізмам. На основі розміщений тахогенератор по якому контролюється частота обертання муфти. Для надання зусилля у муфті призначений важіль з вантажем, на якому можна змінювати вагу і відповідно навантаження. Для фіксації зубчастого колеса призначений фіксатор.

Рисунок 3.1 – Схема пристосування для контролю муфт

Для здійснення перевірки муфта закріплюється на основі із стійкою. Вхідний вал приєднується до двигуна, а на вихідний навантажується вага, і через зубчасту передачу приєднується до тахогенератора.

При обертанні двигуна обертовий момент передається на муфту. При відповідному навантаженні контролюється частота на тахогенераторі.

Полтавський державний аграрний університет

Всі елементи пристосування для контролю муфт з'єднуються різьбовим з'єднанням. Пристосування виконано таким чином, що можна швидко зняти і поставити іншу муфту .

3.2 Конструктивні розрахунки

Розрахунок циліндричної передачі

Визначимо колову швидкість вала на якому закріплене зубчате колесо за формулою [12] :

$$\omega = \frac{V}{R}, \qquad (3.2)$$

де V – лінійна швидкість переміщення, м/хв., V=0,02 м/хв. ;

R – радіус зубчатого колеса, м.

Конструктивно приймаємо R=0,050м.

$$\omega = \frac{0,05}{0,050} = 1\text{с}^{-1}.$$

Визначаємо передаточне відношення між валом 1 та валом 2 за формулою:

$$u_{23} = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \qquad (3.3)$$

де ω_1 – колова швидкість першого валу, $с^{-1}$;

ω_2 – колова швидкість другого валу, $с^{-1}$.

Розрахунок прямої зубчатої передачі (шестерня 1, колесо 2)

Початкові дані:

число зубів зубчатої шестерні z_3=54;

число зубів зубчатого колеса z_4=27;

модуль m=5;

ділильний кут нахилу лінії зуба β=0°.

Визначаємо передаточне відношення за формулою:

Визначаємо ділильний колових модуль, для прямозубих передач m_t=m_n, тобто m_t=2.

Визначаємо ділильний нормальний шаг зубів:

Полтавський державний аграрний університет

$$p_n = \pi \cdot m_n = 3{,}14 \cdot 2 = 6{,}28 \text{ мм}.$$

Визначаємо ділильну міжосьову відстань за формулою:

$$a_\omega = \frac{(z_1+z_2)\cdot m_n}{2}, \quad (3.4)$$

$$a_\omega = \frac{(54+27)\cdot 2}{2} = 42 \text{ мм}.$$

Визначаємо ділильний діаметр за формулою:

$$d = z \cdot m_t, \quad (3.5)$$

$$d_1 = 54 \cdot 2 = 108 \text{ мм},$$

$$d_2 = 27 \cdot 2 = 54 \text{ мм}.$$

Визначаємо діаметр вершин зубчатих коліс за формулою:

$$d_a = d + 2 \cdot m_n, \quad (3.6)$$

$$d_{a1} = 108 + 2 \cdot 2 = 112 \text{ мм},$$

$$d_{a2} = 54 + 2 \cdot 2 = 58 \text{ мм}.$$

Визначимо діаметр впадин зубчатих коліс за формулою:

$$d_f = d - 2{,}4 \cdot m_n, \quad (3.7)$$

$$d_{f1} = 108 - 2{,}4 \cdot 2 = 103{,}2 \text{ мм},$$

$$d_{f2} = 27 - 2{,}4 \cdot 2 = 22{,}2 \text{ мм}.$$

Визначаємо ділильну нормальну товщину зуба за формулою:

$$s_n = \frac{\pi \cdot m_n}{2}, \quad (3.8)$$

$$s_n = \frac{3{,}14\cdot 2}{2} = 3{,}14 \text{ мм}.$$

Визначаємо постійну хорду зуба за формулою:

$$\overline{s_{c1}} = \overline{s_{c2}} = 1{,}3870 \cdot m_n = 1{,}3870 \cdot 2 = 2{,}774 \text{ мм}. \quad (3.9)$$

Визначаємо висоту до постійної хорди зуба за формулою:

$$\overline{h_{c1}} = \overline{h_{c2}} = 0{,}7476 \cdot m_n = 0{,}7476 \cdot 2 = 1{,}5 \text{ мм}. \quad (3.10)$$

Визначаємо ширину зубчатих коліс за формулою:

$$b = (6\ldots8) \cdot m_n \quad (3.11)$$

$$b_3 = b_4 = 6 \cdot 2 = 12 \text{ мм}.$$

Полтавський державний аграрний університет

Отже, провівши розрахунки ми отримали основні параметри циліндричної зубчастої передачі яка дозволить передавати обертовий момент від валу муфти до тахогенератора.

Розрахунок крутного моменту, що створюється навантажувальним пристроєм

Навантаження муфти у пристрої створюється за допомогою важеля з вантажем. Крутний момент визначаємо:

$$M = G \cdot l, \tag{3.12}$$

де G – сила ваги вантажу, Н;

l – довжина плеча важеля, м.

Сила тяжіння:

$$G = m \cdot g, \tag{3.13}$$

Приймаємо масу вантажу m=10 кг, g=9,81 м/с², довжину плеча важеля l=0,35 м.

$$G = 10 \cdot 9{,}81 = 98{,}1 \text{ Н},$$

$$M = 98{,}1 \cdot 0{,}35 = 34{,}3 \text{ Н}$$

Отже, навантажувальний пристрій створює крутний момент 34,3 Н·м, що є достатнім для контролю працездатності пружинної муфти.

Перевірка валу на кручення

Вал пристрою сприймає крутний момент, що передається від муфти до зубчастої передачі. Умова міцності при крученні:

$$\tau = \frac{M}{W_p} \leq [\tau]. \tag{3.14}$$

Для круглого суцільного валу полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16}. \tag{3.15}$$

Приймаємо діаметр валу d=20 мм. Крутний момент:

$$M = 34{,}3 \text{ Н·м} = 34300 \text{ Н·мм},$$

$$W_p = \frac{3{,}14 \cdot 20^3}{16} = 1570 \text{ мм}^3,$$

Полтавський державний аграрний університет

$$\tau = \frac{34300}{1570} = 21{,}8 \text{ МПа}$$

Для сталі 45 допустиме напруження при крученні приймаємо [τ]=60 МПа.

$$21.8 < 60$$

Умова міцності виконується. Вал діаметром 20 мм придатний для роботи у пристрої.

Розрахунок шпонкового з'єднання

Для встановлення зубчастого колеса на валу застосовується шпонкове з'єднання. Перевіримо шпонку на зминання.

Для валу діаметром 20 мм приймаємо призматичну шпонку:

$b = 6$ мм, $h = 6$ мм, $l = 30$ мм.

Напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{4M}{d \cdot h \cdot l}, \qquad (3.16)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 34300}{20 \cdot 6 \cdot 30} = 38{,}1 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зминання для сталі приймаємо $[\sigma_{зм}] = 100$ МПа.

$$38{,}1 < 100$$

Шпонкове з'єднання забезпечує надійну передачу крутного моменту.

Отже, виконані додаткові конструктивні розрахунки підтвердили працездатність основних елементів пристрою для контролю муфт. Визначено крутний момент, що створюється важелем з вантажем, перевірено вал на кручення, шпонкове з'єднання на зминання.. У всіх випадках розрахункові напруження не перевищують допустимих значень, тому прийняті конструктивні параметри можна вважати обґрунтованими.

Полтавський Державний аграрний університет

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обгрунтування розробки

Для техніко-економічної оцінки визначаємо витрати на купівлю деталей, виготовлення конструкції пристосування, очікувану загальну економію, економічний ефект [25].

Витрати на виготовлення конструкції та складання пристрою розраховуємо за формулою:

$$C_{в.в} = C_{од}+C_{пд}+C_{зп}+C_{зв}+C_{кд}, \quad (3.12)$$

де $C_{од}$ – вартість виготовлення оригінальних деталей, грн;

$C_{пд}$ – вартість купованих деталей, виробів, агрегатів, грн;

$C_{зп}$ – повна заробітна плата, грн;

$C_{кд}$ – вартість виготовлення корпусних деталей, грн;

$C_{зв}$ – загальновиробничі витрати, грн.

Вихідні дані:

трудомісткість виготовлення деталей – 1,9 год;

трудомісткість складання – 0,8 год;

годинна ставка – 120 грн/год;

коефіцієнт доплат – 1,2;

маса заготовок – 3,2 кг;

ціна сталі – 65 грн/кг.

Вартість виготовлення оригінальних деталей визначаємо за формулою:

$$C_{од} = C_{ЗПпов} + C_{мз}. \quad (4.1)$$

де $C_{ЗПпов}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн;

$C_{мз}$ – вартість матеріалу для виготовлення оригінальних деталей.

Полтавський державний аграрний університет

Повну заробітну плату підраховуємо за формулою:

$$С_{зпов} = С_{нр} + С_д + С_{соц} \quad (4.2)$$

де $С_{нр}$ і $С_д$ – основна і додаткова заробітна плата виробничих працівників, грн;

$С_{соц}$ – відрахування із заробітної плати на соціальне забезпечення, грн.

Основну заробітну плату розраховуємо за формулою:

$$С_{нр} = t_{ср} \cdot С_{год} \cdot К_д \quad (4.3)$$

де $t_{сер}$ – середня трудомісткість виготовлення оригінальних деталей;

$С_{год}$ – годинна ставка робітників;

$К_д$ – коефіцієнт доплати, $К_д$=1,2

$$С_{нр} = 1,9 \cdot 120 \cdot 1,2 = 273,6 \text{ грн.}$$

Додаткову заробітну плату розраховуємо за формулою:

$$С_Д = \frac{(5..12) \cdot С_{НР}}{100}, \quad (4.4)$$

$$С_Д = \frac{10 \cdot 273,6}{100} = 27,4 \text{ грн.}$$

Нарахування в фонд соціального страхування, в фонд безробіття і в пенсійний фонд визначаємо із виразу:

$$С_{соц.} = к (С_{нр} + С_Д) / 100 \quad (4.5)$$

де *к* – сумарний коефіцієнт нарахування на соціальне страхування, в пенсійний фонд і фонд безробіття.

$$С_{соц.} = (22 (273,6 + 27,4) / 100 = 66,2 \text{ грн,}$$

$$С_{Зпов} = 273,6 + 27,4 + 66,2 = 367,2 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалу для виготовлення оригінальних деталей визначаємо за формулою:

$$С_{мз} = С_з \cdot Q_з, \quad (4.6)$$

де $С_з$ – ціна кілограму матеріалу заготовок, приймаємо $С_з$=65 грн;

$Q_з$ – маса заготовки, приймаємо 3,2 кг.

$$С_{мз} = 3,2 \cdot 65 = 208 \text{ грн.}$$

Отже, вартість виготовлення оригінальних деталей складе:

$$С_{од} = 367,2 + 208 = 575,2 \text{ грн.}$$

Полтавський державний аграрний університет

При виготовленні пристрою для контролю муфт закупівельних деталей немає.

Повну заробітну плату виробничих працівників, які зайняті на збиранні конструкції підраховуємо за формулою:

$$C_{зб} = T_{зб} \cdot C_{год} \cdot K_д \quad (4.7)$$

де $T_{зб}$ – нормативна трудомісткість збирання конструкції, год;

$K_д$ – коефіцієнт доплати.

$$C_{зб} = 0,8 \cdot 120 \cdot 1,2 = 115,2 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{д.зб} = \frac{10 \cdot 115,2}{100} = 11,5 \text{ грн.}$$

Нарахування в фонд соціального страхування, в фонд безробіття і в пенсійний фонд визначаємо із виразу:

$$C_{соц.} = (22 \cdot (115,2 + 11,5)) / 100 = 27,9 \text{ грн,}$$

$$C_{зп\ зб} = 115,2 + 11,5 + 27,9 = 154,6 \text{ грн.}$$

Загальні виробничі витрати на виготовлення пристосування:

$$C_{зв} = \frac{C_{ПР} \cdot R_{ОП}}{100}, \quad (4.8)$$

де $C_{пр}$ – основна заробітна плата працівників, які приймають участь у виготовленні конструкції, грн;

$R_{оп}$ – відсоток загальновиробничих витрат, приймаємо $R_{оп}$=80%.

$$C_{пр} = C_{зп} + C_{зб}, \quad (4.9)$$

$$C_{зв} = \frac{125,8 \cdot 80}{100} = 18,9 \text{ грн.}$$

$$C_{зв} = (273,6 + 115,2) \cdot 0,8 = 311 \text{ грн,}$$

З вище приведених розрахунків випливає те, що вартість конструкторської розробки складе:

$$C_{в.к} = 575, + 154,6 + 311 = 1040,8 \approx 1041 \text{ грн.}$$

Очікувану економічну ефективність капітальних вкладень для даної конструкції підраховуємо враховуючи скорочення часу контролю, зменшення браку, підвищення точності вимірювань. $E_р$ = 8000 грн/рік

Термін окупності капіталовкладень підраховуємо за формулою:

$$Q_P = \frac{C_{ВК}}{E_P}, \quad (4.10)$$

$$Q_P = \frac{1041}{8000} = 0{,}13 \text{ року} \approx 1{,}6 \text{ міс.}$$

Основні технікс-економічні показники розробки приводимо в таблиці 4.1.

Таблиця 3.1 – Техніко-економічні показники розробки

Показники	Значення показника
Витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн	575,2
Повна заробітна плата робітників, зайнятих на складанні пристосування, грн	154,6
Загальновиробничі витрати, грн.	311,0
Витрати на виготовлення пристосування, грн	1041
Очікувана річна економія, грн	8000
Термін окупності, років	0,13

Розрахунки показали, що вартість виготовлення пристосування для контролю муфт становить 1041 грн. Використання розробленого пристрою забезпечує скорочення тривалості контрольних операцій, підвищення точності вимірювань та зменшення ймовірності браку. Очікувана річна економія становить близько 8000 грн, а термін окупності капіталовкладень не перевищує 0,13 року (1,6 місяця), що свідчить про економічну доцільність впровадження розробки.

Полтавський державний аграрний університет

4.2 Охорона праці

Охорона праці є важливою складовою виробничої діяльності підприємств машинобудівної та ремонтної галузей. Основною метою охорони праці є створення безпечних і здорових умов праці, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням працівників. Під час виготовлення та експлуатації пристосування для контролю муфт необхідно передбачити комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці персоналу [4, 17].

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити працівникам безпечні умови праці, справний стан обладнання, проведення інструктажів та навчання з питань охорони праці, а також забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту.

Виготовлення деталей пристосування пов'язане з виконанням токарних, свердлильних, шліфувальних та слюсарно-складальних робіт. Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами при цьому є рухомі частини верстатів, гострі кромки деталей та інструменту, стружка, підвищений рівень шуму і вібрації, можливість ураження електричним струмом, а також недостатня освітленість робочої зони.

Під час роботи на металорізальних верстатах працівники повинні використовувати справне обладнання, яке має захисні огородження рухомих частин, заземлення електрообладнання та справні органи керування. Перед початком роботи необхідно перевірити надійність кріплення заготовки та ріжучого інструменту, справність системи змащування та охолодження, а також роботу аварійних вимикачів.

Особливу небезпеку становить металева стружка, яка може спричинити травмування рук та очей. Видаляти стружку дозволяється лише за допомогою спеціальних гачків або щіток після повної зупинки верстата. Забороняється прибирати стружку руками або продувати її стисненим повітрям.

Полтавський державний аграрний університет

Під час виконання слюсарних робіт необхідно використовувати справний ручний інструмент без тріщин, сколів і деформацій. Рукоятки молотків, напилків та іншого інструменту повинні бути надійно закріплені. Робоче місце має утримуватися в чистоті, а проходи між обладнанням не повинні захаращуватися заготовками та готовими виробами.

Під час складання пристосування для контролю муфт необхідно дотримуватися правил безпечного виконання складальних робіт. Монтаж деталей слід проводити із застосуванням відповідного інструменту та пристосувань, що виключають можливість травмування працівника. У разі використання підйомно-транспортних засобів необхідно дотримуватися вимог безпеки при переміщенні вантажів.

Для захисту працівників від дії шкідливих виробничих факторів необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри або щитки. При виконанні шліфувальних операцій використання захисних окулярів є обов'язковим.

Важливе значення для забезпечення безпечних умов праці має виробниче освітлення. Освітленість робочих місць повинна відповідати чинним нормативним вимогам і забезпечувати чітке розрізнення деталей, інструменту та вимірювальних приладів. Для виконання точних контрольних операцій рекомендується забезпечувати освітленість не менше 300–500 лк.

При експлуатації розробленого пристосування для контролю муфт небезпечні фактори практично відсутні, оскільки пристрій не має швидкообертових деталей та не створює значних механічних навантажень. Основну увагу слід приділяти правильному встановленню контрольованої деталі, справності вимірювальних елементів та дотриманню ергономічних вимог до робочого місця контролера.

Для запобігання пожежам виробничі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно до встановлених норм. На дільниці необхідно розміщувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, а

також забезпечувати вільний доступ до евакуаційних виходів. Працівники повинні знати порядок дій у разі виникнення пожежі або аварійної ситуації.

Таким чином, дотримання вимог нормативних документів з охорони праці, використання справного обладнання та засобів індивідуального захисту, а також правильна організація робочих місць забезпечують безпечні умови праці під час виготовлення та експлуатації пристосування для контролю муфт і сприяють зниженню ризику виробничого травматизму.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є одним із пріоритетних напрямів діяльності сучасних промислових підприємств. В умовах розвитку машинобудівного виробництва особливої актуальності набувають питання раціонального використання природних ресурсів, зменшення негативного впливу виробничих процесів на довкілля та впровадження екологічно безпечних технологій. Відповідно до вимог природоохоронного законодавства України кожне підприємство повинно забезпечувати дотримання екологічних норм і здійснювати заходи щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища [5, 23].

Виготовлення пристосування для контролю муфт пов'язане з виконанням механічної обробки металів, слюсарно-складальних робіт та контрольних операцій. Дані технологічні процеси не належать до екологічно небезпечних виробництв, однак під час їх виконання утворюються металеві відходи, використані мастильні матеріали, абразивний пил та інші відходи, які потребують належного поводження.

Основними джерелами впливу на навколишнє середовище під час виготовлення деталей пристосування є відходи металевої стружки, відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, використані абразивні круги та пакувальні матеріали. Для зменшення негативного впливу на довкілля

необхідно забезпечити роздільне збирання виробничих відходів та їх подальшу передачу спеціалізованим підприємствам для переробки або утилізації.

Металева стружка, яка утворюється під час токарної, свердлильної та інших видів механічної обробки, є цінною вторинною сировиною. Її необхідно збирати в спеціальні контейнери та передавати на металургійні підприємства для повторного використання. Це дозволяє зменшити витрати природних ресурсів та знизити обсяги промислових відходів.

Важливим екологічним заходом є раціональне використання електричної енергії. Для цього необхідно застосовувати сучасне енергоефективне обладнання, своєчасно проводити технічне обслуговування верстатів, вимикати обладнання під час перерв у роботі та використовувати енергоощадні системи освітлення виробничих приміщень.

Особливу увагу слід приділяти поводженню з мастильно-охолоджувальними рідинами. Відпрацьовані мастила та технологічні рідини не допускається зливати в ґрунт, каналізацію або відкриті водойми. Вони повинні збиратися в герметичні ємності та передаватися спеціалізованим організаціям для регенерації або утилізації відповідно до чинних екологічних вимог.

Для підтримання належного стану повітряного середовища у виробничих приміщеннях необхідно забезпечити ефективну роботу систем вентиляції. Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна вентиляція сприяють видаленню пилу, аерозолів та інших шкідливих речовин із робочої зони, що позитивно впливає як на стан довкілля, так і на умови праці персоналу.

Конструкція розробленого пристосування для контролю муфт є екологічно безпечною під час експлуатації. Пристрій не використовує паливо, не створює шкідливих викидів в атмосферу, не генерує виробничих стоків і не є джерелом підвищеного шуму або вібрації. Тому його використання не чинить негативного впливу на навколишнє середовище.

Важливим напрямом природоохоронної діяльності є впровадження ресурсозберігаючих технологій та підвищення культури виробництва.

Раціональне використання матеріалів, зменшення кількості відходів, повторне використання вторинних ресурсів і дотримання екологічних вимог сприяють зниженню навантаження на навколишнє середовище та підвищенню ефективності виробничої діяльності.

Таким чином, під час виготовлення та експлуатації пристосування для контролю муфт необхідно дотримуватися вимог екологічної безпеки, забезпечувати раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів, організовувати належне поводження з виробничими відходами та здійснювати заходи щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища. Реалізація зазначених заходів сприятиме збереженню природних ресурсів і мінімізації негативного впливу виробництва на довкілля.

Полтавський державний аграрний університет

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено поставлене інженерне завдання, спрямоване на підвищення ефективності контролю технічного стану муфт шляхом розроблення спеціального пристосування для їх перевірки. Аналіз конструкцій муфт та існуючих методів контролю показав, що застосування універсальних вимірювальних засобів не завжди забезпечує необхідну продуктивність і зручність виконання контрольних операцій, особливо в умовах ремонтних підприємств та виробничих майстерень.

Проведено аналіз призначення, конструктивних особливостей і класифікації муфт, розглянуто існуючі засоби контролю та обґрунтовано необхідність створення спеціального пристосування для підвищення точності та оперативності виконання контрольних робіт. Встановлено, що впровадження спеціалізованого пристрою дозволяє зменшити трудомісткість контролю та підвищити достовірність результатів вимірювань.

Виконано аналіз технологічності втулки фіксатора, яка є однією з основних деталей пристрою. Розроблено раціональний технологічний процес її виготовлення, визначено маршрути обробки, схеми базування, припуски та операційні розміри. Встановлено, що деталь є технологічною та може виготовлятися на стандартному металорізальному обладнанні з забезпеченням необхідної точності та якості поверхонь.

Розроблено конструкцію пристосування для контролю муфт, описано його будову та принцип роботи. Виконані розрахунки підтвердили працездатність основних елементів конструкції та правильність прийнятих технічних рішень. Розроблений пристрій забезпечує надійне встановлення муфти, можливість контролю її параметрів та зручність експлуатації.

Техніко-економічна оцінка показала доцільність впровадження розробки у виробництво. Використання пристосування дозволяє скоротити тривалість контрольних операцій, підвищити продуктивність праці та зменшити

Полтавський державний аграрний університет

ймовірність виникнення браку. Економічний ефект досягається за рахунок підвищення якості контролю та зниження витрат на виконання вимірювальних робіт.

Також розроблено заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці персоналу, раціональне використання ресурсів та мінімізацію негативного впливу виробничої діяльності на довкілля.

Таким чином, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута. Розроблене пристосування для контролю муфт є технічно обґрунтованим, технологічним у виготовленні, економічно доцільним та може бути рекомендоване для використання на машинобудівних і ремонтних підприємствах.

Полтавський державний аграрний університет

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабенко А. Є., Чернявський А. М. Технологія виготовлення деталей машин : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 284 с.

2. Борисенко В. І., Скляр О. Г. Деталі машин та основи конструювання : підручник. Запоріжжя : ТДАТУ, 2020. 320 с.

3. Васильченко Я. В., Петренко М. М. Метрологія та вимірювальна техніка в машинобудуванні. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. 2022. № 1 (7). С. 12–19.

4. Войналович С. В., Науменко В. П. Охорона праці в машинобудуванні : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2021. 376 с.

5. Гладченко О. М., Кириченко І. В. Технологічні пристрої машинобудівного виробництва: проектування та розрахунок. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5 (36). С. 45–53.

6. Дереза О. О., Коломієць С. М. Інженерна механіка (деталі машин). Курсове проєктування : навч. посіб. Мелітополь : БПЦ «Люкс», 2020. 197 с.

7. Євтушенко А. С., Марченко Д. О. Контрольні пристрої у машинобудуванні: класифікація та принципи побудови. Mechanics and Advanced Technologies. 2023. № 2 (98). С. 88–96.

8. Єресько О. В., Лобачова Г. К. Теоретичні основи проектування контрольно-вимірювальних пристосувань. Вісник машинобудування та транспорту. 2021. № 1 (13). С. 21–29.

9. Іванченко Ф. К., Красніков В. В. Муфти механічних приводів: конструкція, розрахунок, надійність : монографія. Дніпро : НМетАУ, 2022. 198с.

10. Кальченко В. І., Святський В. В. Точність та технічні вимірювання : підручник. Чернігів : ЧНТУ, 2021. 248 с.

Полтавський державний аграрний університет

11. Клименко Г. П., Шелест Д. В. Базування деталей у технологічних системах машинобудування. Прогресивні технології і системи машинобудування. 2023. Вип. 1 (71). С. 66–74.

12. Кривошей В. М., Тарасюк А. П. Розрахунок зубчастих передач у спеціальних пристроях. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2022. № 3 (309). С. 33–40.

13. Лебедєв В. О., Бойко С. А. Технологічність конструкцій деталей машинобудування : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2020. 165 с.

14. Мазур М. П., Внуков Ю. М., Доброскок В. Л. Основи теорії різання матеріалів : підручник. 2-ге вид. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 534 с.

15. Михайленко В. Є., Скирда М. В. Методи забезпечення точності вимірювань у контрольних пристосуваннях. Наукові нотатки. 2022. Вип. 73. С.112–118.

16. Павленко І. І., Мажара Е. А., Підгаєцький М. М. Технологія машинобудування : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 352 с.

17. Пістун І. П., Катренко Л. А., Кіт Ю. В. Охорона праці : навч. посіб. з практикумом. Київ : Університетська книга, 2020. 340 с.

18. Проколенко В. С., Гаращенко Я. М. Спеціальне технологічне оснащення: розробка та виготовлення. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2023. № 1 (20). С. 74–82.

19. Рудик А. В., Яремченко Є. С. Муфти приводів сільськогосподарських машин: аналіз відмов та методи контролю. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2021. № 2 (113). С. 55–62.

20. Середа Б. П., Осипчук С. А. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів : підручник. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 412 с.

21. Сірий І. С., Кропівний В. М. Деталі машин : підручник. 3-тє вид., перероб. і доп. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 456 с.

Полтавський державний аграрний університет

22. Скиба М. Є., Дросюк О. В., Мотрієнко Д. В. Технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні : навч. посіб. Хмельницький : ХНУ, 2022. 290 с.

23. Ступень М. Г., Думич І. Ю. Охорона навколишнього середовища у виробничій діяльності машинобудівних підприємств : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2022. 220 с.

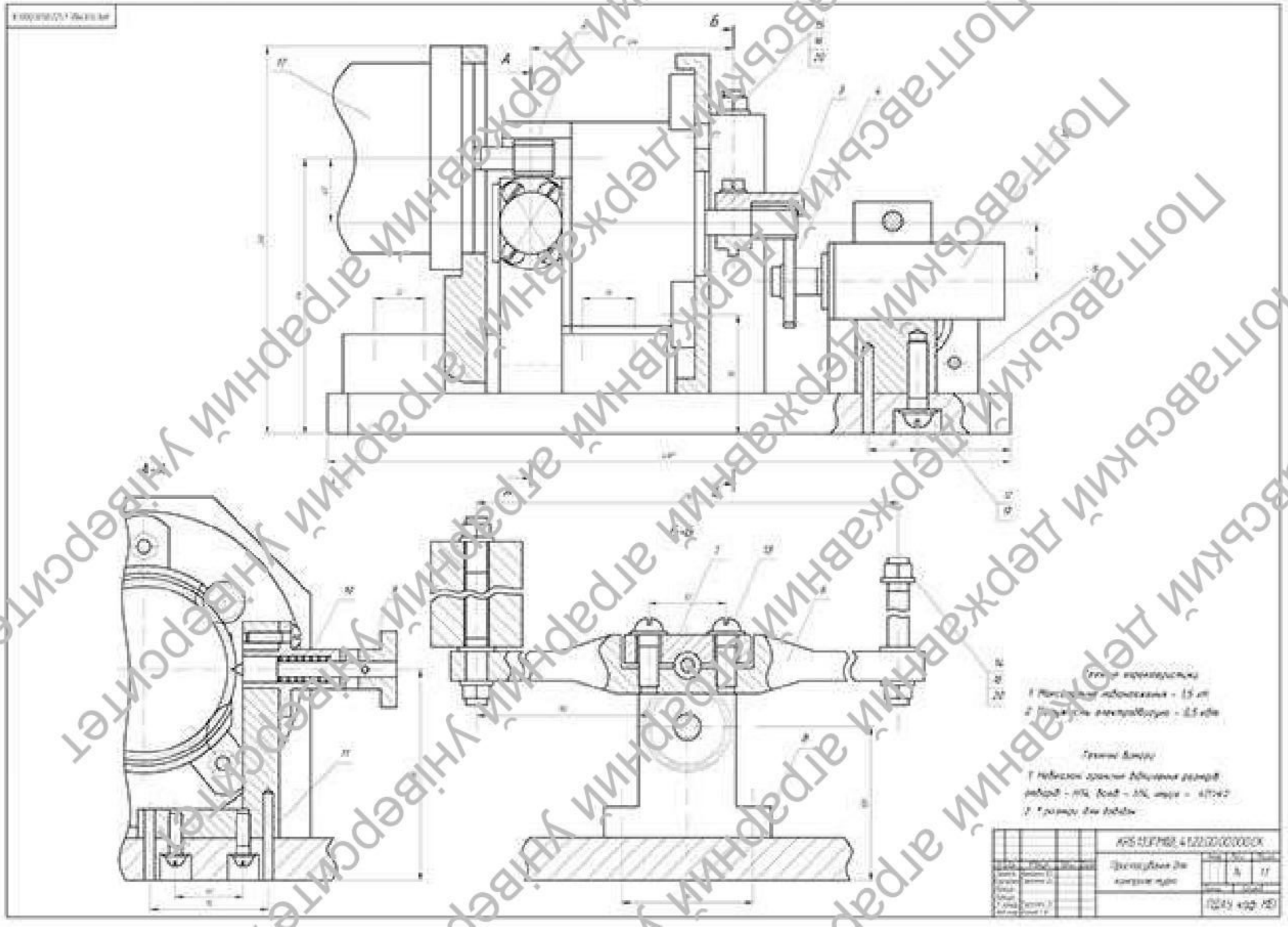
24. Харченко Є. В., Сокол Є. І., Ланець О. С. Динаміка та надійність механічних муфт у приводних системах. Проблеми машинобудування. 2023. Т. 26, № 1. С. 29–38.

25. Яцюк О. М., Гончаренко Б. С. Економічна ефективність впровадження спеціального технологічного оснащення на ремонтних підприємствах. Агроінженерія і енергетика. 2021. № 1 (24). С. 101–108.

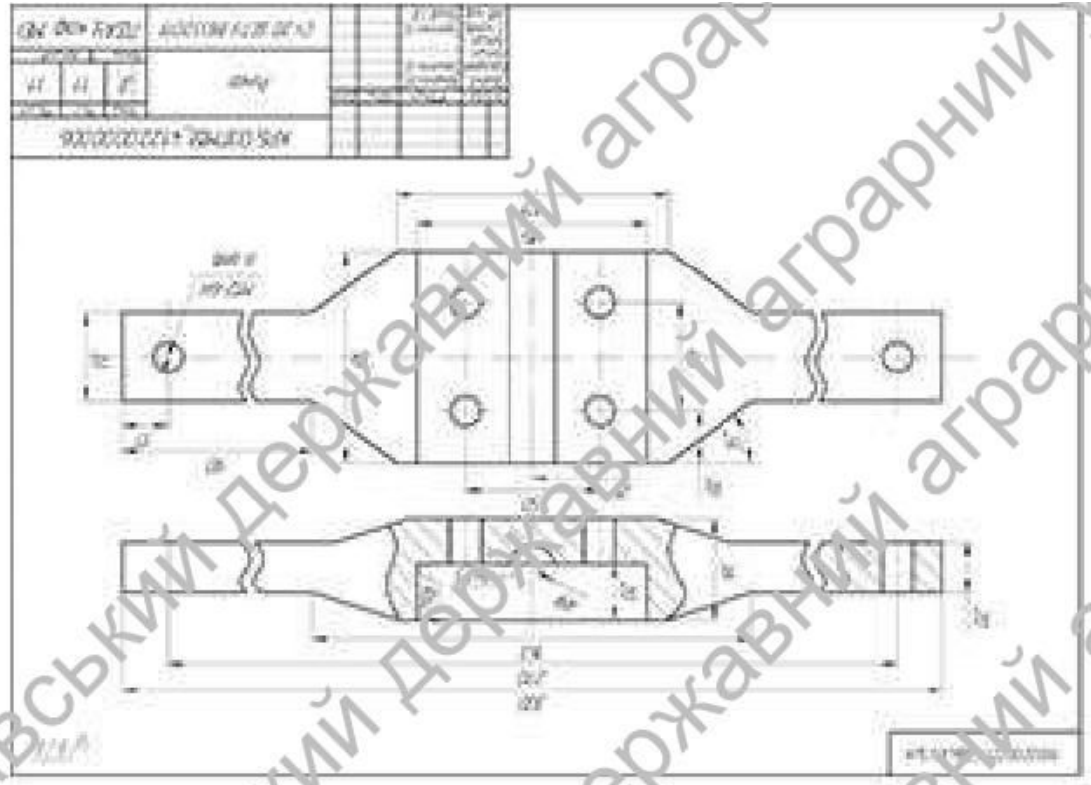
Полтавський державний аграрний університет

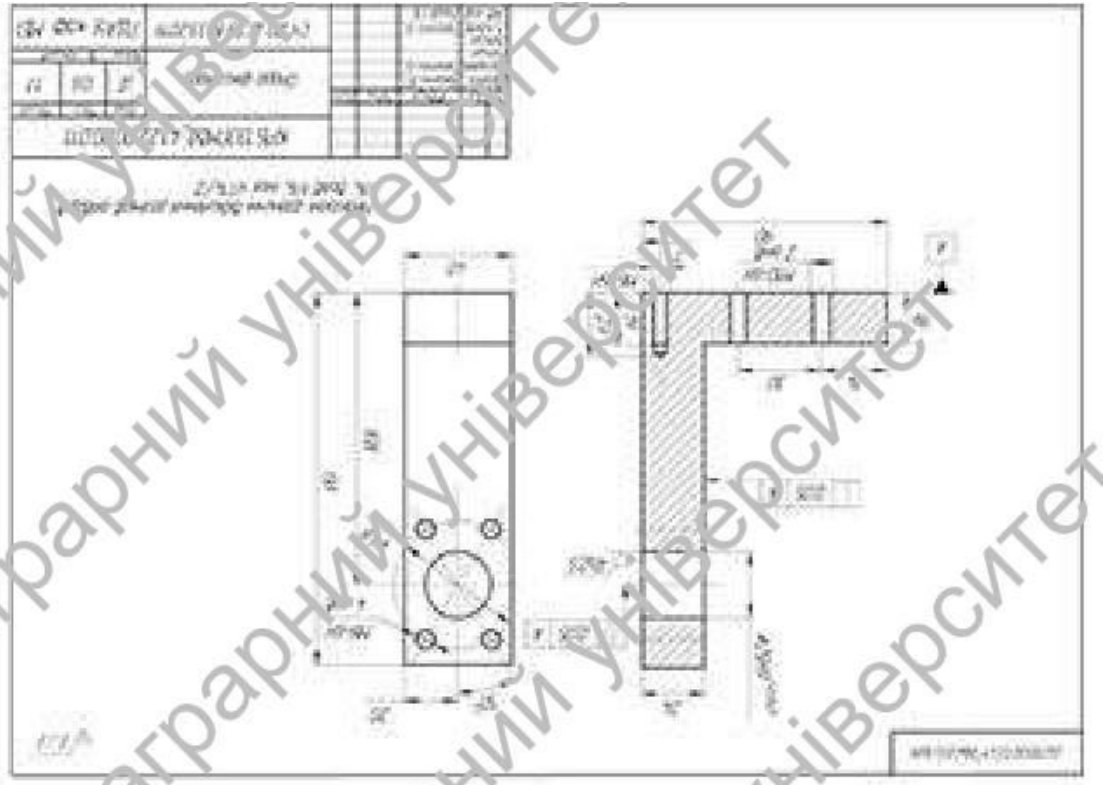
ДОДАТКИ

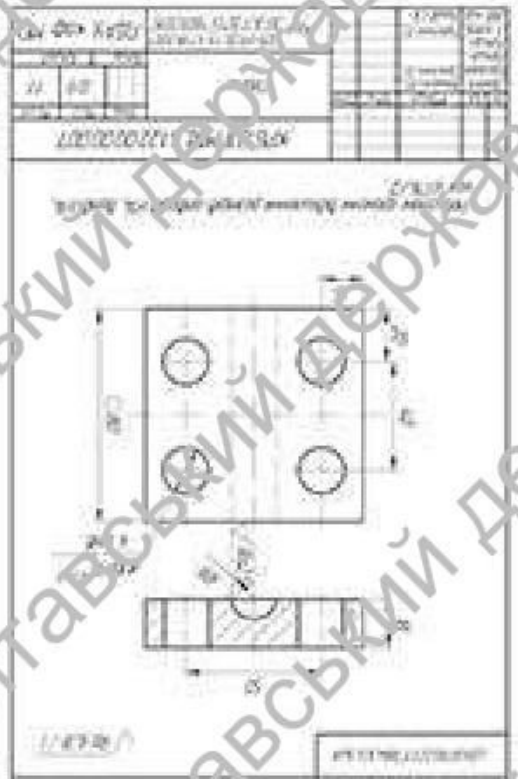
Полтавський державний аграрний університет

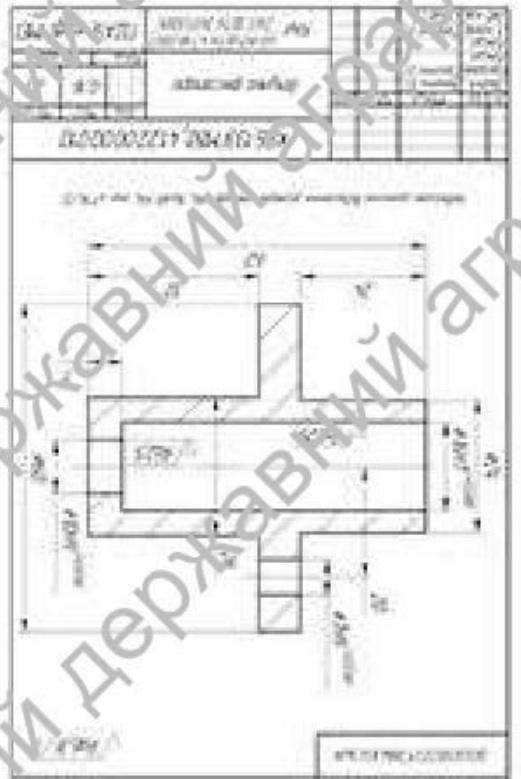


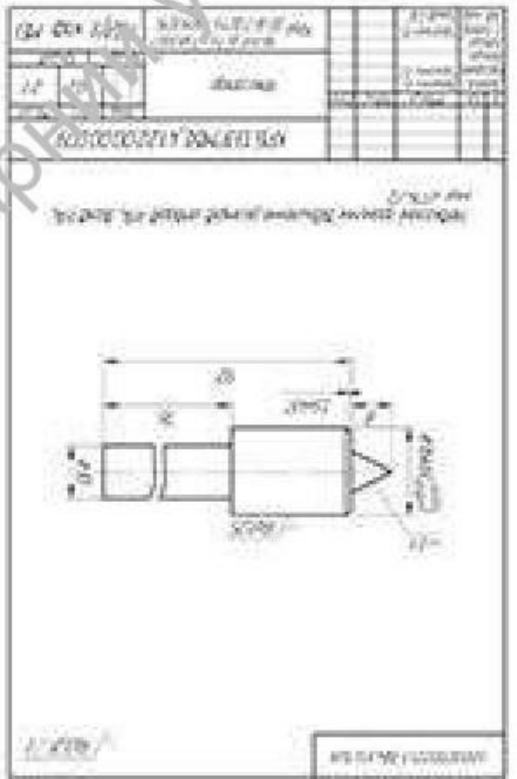
Полтавський державний аграрний університет











Полтавський державний аграрний університет