

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Техніко-технологічне забезпечення процесу виготовлення корпусу
циліндра гальмівного за умов серійного типу виробництва»

КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_42
ОМЕЛЬЧЕНКО Сергій

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2026 року

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

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

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

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ОМЕЛЬЧЕНКО Сергій

1 Тема роботи: «*Техніко-технологічне забезпечення процесу
виготовлення корпусу циліндра гальмівного за умов серійного типу
виробництва*»,
керівник роботи **докт. техн. наук., професор КОВБАСА Володимир**,
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 – *циліндр гальмівний (кількість поршнів – 2;
діаметр поршня – 20,6 мм; приєднувальна різьба – М6-6Н мм; різьба на
клапані – М8-6Н; різьба на трубі – М10-6Н мм; габаритні розміри –
70×35×60 мм; маса – 0,475 кг); річна програма випуску 600 шт.*

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

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

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

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

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна 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	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Сергій ОМЕЛЬЧЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир КОВБАСА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 6 таблиць, 50 використаних джерел, 43 сторінки.

Об'єкт розробки – циліндр гальмівний як складова частина гальмівної системи сільсько-господарської машини.

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

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості машинобудівного виробництва стосовно виготовлення складової деталі для забезпечення роботоздатного стану циліндра гальмівного за умов визначеного типу виробництва.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – аналіз конструкції гальмівного циліндра, оцінка його технологічності, розробка маршруту виготовлення окремих деталей, зокрема корпусу, а також обґрунтування технічних і організаційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та експлуатаційної надійності виробу.

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

У **загальному розділі** подано опис циліндра гальмівного, розглянуто його конструктивні особливості та функціональне призначення. Проведено аналіз вимог до точності корпусу, обґрунтовано вибір матеріалу, а також визначено тип виробництва і річну програму випуску виробу.

У **технологічному розділі** здійснено оцінку технологічності вузла та корпусу, розроблено раціональний технологічний маршрут його виготовлення. Сформовано маршрути механічної обробки поверхонь, визначено припуски й операційні розміри відомими методами.

У **конструкторському розділі** наведено конструкцію встановлювального пристосування, що застосовується під час механічної обробки деталі.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** проаналізовано способи отримання заготовки корпусу, за результатами якого обґрунтовано доцільність застосування виготовлення литвом у кокіль. Крім того, наведено основні заходи із охорони праці, а також забезпечення збереження довкілля.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик циліндра гальмівного (кількість поршнів – 2, діаметр поршня – 20,6 мм; приєднувальна різьба – М6-6Н мм; різьба на клапані – М8-6Н мм, різьба на трубці – М10-6Н мм; габаритні розміри – 70×35×60 мм; маса – 0,475 кг; річна

програма випуску 600 шт.); кресленик корпусу; кресленик заготовки корпусу; складальний кресленик пристосування.

Рекомендації щодо використання результатів роботи корпус входить до складу циліндра гальмівного, що є складовою гальмівного механізму задніх коліс транспортних засобів агропромислового виробництва.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 3 арк. ф. А1.

Текст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи пройшов перевірку на наявність запозичень і є оригінальним.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкторсько-технологічних рішень виготовлення циліндра гальмівного. У роботі проаналізовано службове призначення та конструкцію вузла, виконано аналіз параметрів точності корпусу, обґрунтовано вибір матеріалу та визначено тип виробництва і річну програму випуску. Розроблено раціональний маршрут механічної обробки корпусу із визначенням етапів обробки, припусків і операційних розмірів. Спроектано технологічне оснащення – пристосування встановлювальне. Проведено техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки, а також наведено основні заходи з охорони праці та захисту довкілля при машинобудівному виробництві.

ЦИЛІНДР ГАЛЬМІВНИЙ, КОРПУС, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ЛИТВО, ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ

ANNOTATION

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of design and technological solutions for manufacturing a brake cylinder. The work analyzes the functional purpose and design of the unit, examines the accuracy parameters of the housing, substantiates the choice of material, and determines the type of production and the annual output program.

A rational machining route for the housing has been developed, including the definition of machining stages, allowances, and operational dimensions. Technological equipment (a locating fixture) has been designed. A technical and economic justification for the method of obtaining the blank has been carried out, and the main measures for occupational safety and environmental protection in machine-building production are presented.

BRAKE CYLINDER, HOUSING, MACHINING ROUTE, CASTING, OCCUPATIONAL SAFETY, ENVIRONMENT

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	12
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	13
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	17
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	17
2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення	22
2.3 Обробка поверхонь	26
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	29
2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	30
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	34
3.1 Розрєска конструкції технологічного оснащення	34
3.2 Опис конструкції	35
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	37
НАВКОЛИПНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	37
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі	37
4.2 Заходи із охорони праці при виробництві корпусу	39
4.3 Заходи зі зменшення шкідливого впливу виробництва на довкілля	40
ВИСНОВКИ	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	44

					КРБ.13.5ГМБд_42.04.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Омельченко С.				н	5	43
Перевір.		Ковбаса В.						
Керівник		Ковбаса В.						
Н. контр.		Ковбаса В.						
Затверд.		Попов С.						
						ПДАУ, 2026 р.		

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується високим рівнем механізації та інтенсифікації технологічних процесів. Надійність і безпечність експлуатації машинно-тракторного парку є одними з ключових чинників забезпечення ефективності аграрного виробництва. Особливе значення при цьому мають системи гальмування, від технічного стану яких залежить безпека руху транспортних засобів, збереження матеріальних ресурсів і життя обслуговуючого персоналу [32].

Задній гальмівний циліндр є важливим елементом гідравлічної гальмівної системи тракторів, причепів та іншої мобільної сільськогосподарської техніки. Він забезпечує перетворення тиску робочої рідини в механічне зусилля, яке приводить у дію гальмівні механізми коліс. В умовах експлуатації в агропромисловому виробництві гальмівні системи працюють у складних середовищах – за підвищеної запиленості, вологості, змінних температур і значних динамічних навантажень. Це зумовлює підвищені вимоги до конструкції, матеріалів, технології виготовлення та технічного обслуговування заднього гальмівного циліндра.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи визначається необхідністю підвищення надійності, довговічності та технологічності виготовлення елементів гальмівних систем машин і обладнання сільськогосподарського виробництва. Удосконалення конструкції та технологічного процесу виготовлення заднього гальмівного циліндра дозволяє знизити виробничі витрати, підвищити якість продукції та забезпечити відповідність сучасним вимогам безпеки.

Отже, **мета** роботи полягає в аналізі конструкції гальмівного циліндра, оцінці його технологічності, розробці маршруту виготовлення окремих деталей, зокрема корпусу, а також обґрунтування технічних і організаційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та експлуатаційної надійності виробу. **Об'єктом** розробки є циліндр гальмівний як складова частина гальмівної системи

									КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						6

сільськогосподарської машини, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

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;
- запропонувати технологічне оснащення для реалізації процесу механічної обробки деталі;
- визначити економічну ефективність методу отримання зготовки 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_42.04.01.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Задній гальмівний циліндр (рисунок 1.1) входить до складу гальмівного механізму задніх коліс транспортних засобів. Гальмівний механізм заднього колеса обладнаний двома колодками, що своїми п'ятами спираються на нерухому опору, закріплену в нижній частині щита, а дошками – на торці пазів штовхачів, встановлених у поршнях робочого циліндра гідравлічного приводу гальм.

Рисунок 1.1 – Циліндр гальмівний.

1 – штовхач; 2 – ущільнення; 3 – поршень; 4 – кільце; 5 – шайба;
6 – пружина; 7 – корпус; 8 – клапан; 9 – трубка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ

Аркуш

8

Задній гальмівний циліндр кріпиться двома болтами до верхньої частини щита гальма. Для цього на бобищі циліндра виконуються два отвори. На виступаючій із внутрішньої сторони гальмівного щита бобищі циліндра також зроблені два різьбових отвори, верхній з яких зачинений клапаном для випуску повітря, а до нижнього приєднана трубка, по якій здійснюється підведення робочої рідини.

У робочій порожнині гальмівного циліндра знаходяться два поршні зі штовхачами, в які упираються верхні частини колодок. Між поршнями встановлена розпорна пружина, що спирається на гумові ущільнювальні кільця через ущільнювальні шайби. При збільшенні тиску у внутрішній порожнині циліндра, кільця самозушлюються і перемищуються разом з поршнями в протилежні сторони.

Вузол призначений для перетворення механічного зусилля, що передається від приводу, у тиск робочої рідини та забезпечення її подачі в гальмівну магістраль. Основним елементом конструкції є корпус 7, виконаний із розточеним циліндричним отвором високої точності ($\varnothing 20 \text{ H9}$), який слугує напрямною поверхнею для поршня 3 і забезпечує герметичність та співвісність рухомих елементів.

У середині корпусу розміщено поршень 3, який здійснює зворотно-поступальний рух уздовж осі циліндра. Герметизація робочої порожнини забезпечується ущільненнями 2, установленими в канавках поршня. Кільця 4 виконують функцію фіксації та додаткової герметизації, запобігаючи витіканню рідини та проникненню повітря. Пружина 5 розташована між поршнем і шайбою 6 та забезпечує повернення поршня у вихідне положення після зняття зусилля, створюючи необхідний зворотний хід і підтримуючи початковий тиск у системі.

Зовнішнє зусилля передається на поршень через штовхач 1, який контактує з його торцевою поверхнею. Штовхач встановлюється співвісно з поршнем і забезпечує рівномірну передачу навантаження без перекосів. У нижній частині вузла передбачене різьбове з'єднання для регулювання або кріплення елементів приводу.

Подача та відведення робочої рідини здійснюється через трубку 9, яка

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

з'єднується з корпусом різьбовим з'єднанням М10×1,25-6Н. У каналі встановлено клапан 8 (різьба М8-6Н), що регулює рух рідини між порожнинами циліндра, забезпечуючи підтримання тиску та коректну роботу гальмівної системи. Конструкція клапанного вузла дозволяє контролювати перепуск рідини та запобігати її зворотному витіканню.

Таким чином, гальмівний циліндр являє собою компактний гідромеханічний вузол, у якому зусилля від штовхача перетворюється в гідравлічний тиск за рахунок переміщення поршня в герметичному корпусі, з автоматичним поверненням у вихідне положення під дією пружини та з регулюванням потоків рідини через клапанний механізм.

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є корпус (рисунок 1.2). Корпус заднього гальмівного циліндра являє собою порожній циліндр із бобишкою, викресленою на зовнішній поверхні циліндра і рівновіддаленої від обох його торців.

Рисунок 1.2 – Корпус

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Деталь «Корпус» є литою просторовою деталлю складної конфігурації, призначеної для встачовлення та фіксації циліндричного вузла і приєднання до суміжних елементів конструкції. Основу корпусу становить масивна центральна частина з основним циліндричним отвором діаметром $\varnothing 29,8$ H12, що виконує функцію посадкового місця. Отвір співвісний із зовнішніми базовими поверхнями та має відповідні вимоги до точності форми і розташування.

Зовнішній контур деталі симетричний відносно вертикальної осі та утворений поєднанням циліндричних і радіусних поверхонь (R1, R2, R5, R6, R8, R14,5), що забезпечують плавні переходи та зниження концентрації напружень. У верхній частині передбачено прилив з отвором $\varnothing 33$, а також центральний отвір меншого діаметра, які можуть слугувати для кріплення. У нижній частині корпус має два симетрично розташовані отвори під кріпильні елементи.

Вітні частини корпусу виконані з виступами та проточками, що формують приєднувальні площини. Передбачені різьбові отвори, зокрема M3-0H, а також ступінчасті циліндричні розточування з фасками $1 \times 45^\circ$ та $1,5 \times 45^\circ$. У перерізах видно внутрішні порожнини складної форми з радіусними переходами (наприклад R3,5 та R10,5), які зменшують масу деталі та забезпечують технологічність виготовлення.

Габаритні розміри корпусу по довжині становлять близько 125 мм, ширина центральної частини – близько 57 мм. Товщина стінок витримана рівномірною, з локальними підсиленнями в місцях кріплення. Шорсткість окремих оброблених поверхонь задана, зокрема Ra 0,63 мкм та інші параметри, що вказує на необхідність механічної обробки після отримання заготовки.

Таким чином, корпус є жорсткою базовою деталлю з розвинутою системою отворів і приєднувальних поверхонь, призначеною для точної фіксації внутрішнього елемента та надійного кріплення у складі механізму.

									КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						11

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.1 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.1 – Аналіз параметрів точності

№ пов.	Назва поверхні	Розміри з відхил.	Квалітет точності	Точність		Шорстк. Ra, мкм
				Форми	Розташ.	
1	Торець	$30 \pm 0,26$	$\pm \frac{IT14}{2}$	—	—	12,5
2	Торець	$21,5 \pm 0,26$	$\pm \frac{IT14}{2}$	—	—	12,5
3	Циліндрична	$\varnothing 29,8 \pm 0,21$	h12	—	—	12,5
4	Різьба метрична	M10×1,25	H6	—	—	12,5
5	Конічна	$\varnothing 10$	H13	—	v 0,2	1,25
6	Циліндрична	$\varnothing 3 \pm 0,25$	H14	—	u 0,2	12,5
7	Циліндрична	$\varnothing 20,6^{+0,052}$	H9	j 0,05	—	0,63
8	Різьба метрична	M8	H6	—	u 0,2	12,5
9	Різьба метрична	M6	H6	—	—	12,5
10	Циліндрична	$\varphi 24$	h14	—	—	12,5
11	Циліндрична	$\varphi 27$	h14	—	—	12,5
12	Торець	57	$\pm \frac{IT14}{2}$	—	—	12,5

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

КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ

Аркуш

12

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності деталі

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 7, $\varnothing 20,6$. Найнижча шорсткість $R_a = 0,63$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замічник

Матеріал СЧ20 належить до групи сірого чавуну – литого сплаву на основі заліза з великим змістом вуглецю у формі графіту, що визначає його властивості та область застосування [24, 37].

Сірий чавун СЧ20 застосовують переважно для виготовлення литих деталей, що працюють під дією статичних або помірних динамічних навантажень, де важливі жорсткість, вібро- та шумопоглинання, добра оброблюваність і невисока собівартість.

З нього виготовляють корпусні деталі машин: корпуси редукторів, насосів, компресорів, гідро- та пневмоциліндрів, підшипникові опори, кришки, фланці, станини верстатів, картери, блоки та кришки механізмів. Завдяки високій здатності

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

гасити вібрації СЧ20 широко застосовується у верстатобудуванні – для станин, плит, базових елементів, де потрібна стабільність геометрії та зниження коливань.

У машинобудуванні також виготовляють маховики, шківни, гальмівні барабани, корпуси підшипників, шестерні з невеликим навантаженням, напрямні та деталі тертя, оскільки пластинчастий графіт забезпечує певні антифрикційні властивості та добру оброблюваність різанням.

СЧ20 підходить для деталей, що працюють переважно на стиск, але не рекомендується для елементів, які зазнають значних ударних або циклічних навантажень, оскільки матеріал має невисоку пластичність і підвищену крихкість.

Матеріал СЧ20 належить до групи сірого чавуну – литого сплаву на основі залізу з великим вмістом вуглецю у формі графіту, що визначає його властивості та область застосування.

Сірий чавун має мікроструктуру з пластинчастим графітом у феритно-перлітній матриці, що забезпечує добру рідкотекучість, оброблюваність і демпфування вібрацій, але водночас низьку пластичність і відносно високу крихкість у динамічних навантаженнях.

Основні елементи в складі (% мас.):

вуглець (C): $\approx 3,3 \dots 3,5\%$;

кремній (Si): $\approx 1,4 \dots 2,4\%$;

манган (Mn): $\approx 0,7 \text{--} 1\%$;

фосфор (P): $\leq 0,2\%$;

сірка (S): $\leq 0,15\%$;

залізо (Fe) становить решту сплаву.

Цей склад сприяє утворенню пластинчастого графіту при затвердінні, що розсіює напруження, але одночасно створює концентрації напружень під навантаженням.

Для СЧ20 характерні такі показники:

межа міцності при розтягуванні (σ_B): $\approx 200 \text{ МПа}$;

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

твердість за Брінеллем (НВ): приблизно 143–255 НВ залежно від товщини відливки;

значення модуля (Е) близько 85...110 ГПа;

густина ≈ 7100 кг/м³.

Сірий чавун має низьку пластичність (відносне видовження дуже мале), тому він погано працює під ударними або циклічними навантаженнями.

Як аналог матеріалу СЧ20 за властивостями в міжнародних стандартах часто використовують ISO GJL 200 / ASTM A48 Class 20 (HT150) – також сірий чавун із подібним складом і властивостями.

Основні характеристики аналога:

склад: С $\approx 3,2-3,5$ %, Si $\approx 1,8-2,4$ %, Mn $\approx 0,5-0,9$ %, P, S $\leq 0,2$ %;

міцність при розтягуванні: приблизно $\geq 150-200$ МПа (залежить від конкретного стандарту і товщини);

твердість за Брінеллем: 150...200 НВ.

Цей аналог має схожі ливарні властивості і обробки, але за кордоном стандарти допускають деякі відмінності у вмісті легуючих елементів для певних застосувань.

Остаточно залишаємо матеріал, призначений конструктором без змін.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях корпусу циліндра гальмівного у кількості 600 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

$$N_{zur} = (N_{vип} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{зр}), \quad (1.1)$$

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

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

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

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

$$N_{зан} = (600 + 0,04 \cdot 600) \cdot (1 + 0,025) = 640 \text{ (шт.)}$$

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

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічність вузла – це сукупність його конструктивних і технологічних характеристик, які забезпечують мінімальні витрати праці, матеріалів, часу та коштів при виготовленні, складанні, контролі, експлуатації та ремонті за умови забезпечення необхідної якості й надійності. Чим вища технологічність, тим ефективніше організовано виробничий процес і тим нижча собівартість виробу [23].

Технологічність вузла визначається насамперед раціональністю його конструкції. Вона передбачає простоту форми деталей, уніфікацію та стандартизацію елементів, мінімальну кількість складових частин, застосування стандартних кріпильних виробів, підшипників, ущільнень тощо. Важливим чинником є можливість виготовлення деталей із заготовок, що максимально наближені до їх кінцевої форми (лиття, штампування, прокат), що дозволяє зменшити обсяг механічної обробки.

Одним із ключових показників технологічності є зручність складання вузла. Конструкція повинна забезпечувати вільний доступ до місця встановлення та кріплення деталей, однозначність їх орієнтації під час монтажу, мінімальну кількість регульовальних операцій. Бажано, щоб складання здійснювалося без застосування складного оснащення та спеціального інструменту. Раціональне розташування базових поверхонь і використання принципу взаємозамінності значно спрощують процес складання та ремонту.

Важливим аспектом є також технологічність контролю. Конструкція вузла повинна передбачати можливість перевірки основних параметрів (розмірів, співвідношень, зазорів, герметичності тощо) стандартними вимірними засобами. Це сприяє скороченню часу контролю та підвищенню точності оцінки якості.

Під час оцінювання технологічності враховують трудомісткість виготовлення і складання, коефіцієнт використання матеріалу, рівень стандартизації, можливість

									КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						17

механізації та автоматизації виробничих процесів. Раціонально спроектований вузол повинен бути придатним як для серійного, так і для масового виробництва без суттєвих змін у технології.

Отже, забезпечення високої технологічності вузла є одним із головних завдань конструктора та технолога. Вона безпосередньо впливає на економічну ефективність виробництва, якість продукції та її конкурентоспроможність.

Гальмівний циліндр має достатньо раціональну з точки зору технологічності конструкцію. Більшість деталей вузла є тілами обертання або мають просту призматичну форму, що дозволяє виготовляти їх переважно на токарних і свердлильних верстатах із мінімальним застосуванням спеціального оснащення. Корпус є базовою та найбільш відповідальною деталлю. Його внутрішній циліндричний отвір виконаний за полем допуску Н9, що відповідає типовим посадкам для гідроциліндрів і забезпечує взаємозамінність. Конструкція корпусу допускає виготовлення литвом з подальшою механічною обробкою, при цьому більшість поверхонь доступні для обробки стандартним інструментом. Наявність стандартних метричних різьб (М6, М8, М10×1,25) також позитивно впливає на технологічність.

Поршень, штовхач і трубка є деталями обертання простої конфігурації, що виготовляються токарною обробкою з мінімальною кількістю переходів. Конструкція не містить складних профільних поверхонь або важкодоступних зон, що знижує трудомісткість. Ущільнювальні елементи та кільця є стандартними виробами або деталями простої форми, що не потребують складної механічної обробки. Пружина є типовою циліндричною гвинтовою.

З точки зору складання вузол є технологічним, оскільки має чітко виражену осьову структуру – більшість деталей монтуються послідовно вздовж однієї осі. Це дозволяє застосовувати потокове або позиційне складання без складного центрування. Відсутність регулювальних операцій під час складання (окрім затягування різьбових з'єднань) підвищує стабільність процесу. Конструкція

										КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							18

забезпечує можливість контролю основних параметрів (діаметра циліндра, співвідношення, якості обробки поверхні) стандартними засобами вимірювання.

Разом з тим, підвищені вимоги до чистоти та шорсткості внутрішньої поверхні циліндра, а також до точності посадки поршня, збільшують трудомісткість фінішної обробки (розточування, хонінгування). Наявність ущільнень вимагає високої якості кромки і відсутності задирок, що передбачає додаткові операції. Крім того, корпус має декілька уступів і внутрішніх проточок, що ускладнює технологічний процес порівняно з простим циліндричним виконанням.

У цілому конструкцію гальмівного циліндра можна оцінити як достатньо технологічну для серійного виробництва. Вона базується на використанні стандартних різьбових і пружинних елементів, простих форм деталей та осьової компоновки. Основні технологічні витрати пов'язані з забезпеченням точності та якості робочих поверхонь гідравлічної пари «корпус-поршень», що є обґрунтованим з огляду на функціональні вимоги вузла.

Корпус гальмівного циліндра має достатньо раціональну конструкцію з точки зору технологічності виготовлення, однак належить до деталей середньої складності. За конструктивною формою це просторово розвинена деталь з поєднанням циліндричних, площинних та фасонних поверхонь. Наявність основної циліндричної отвори $\varnothing 20$ з квалітетом Ч9 свідчить про те, що саме ця поверхня є функціональною основою. Вона технологічна для обробки, може виконуватися свердлінням, розточуванням та остаточним хонінгуванням. Доступ до отвору відкритий з обох боків, що позитивно впливає на можливість забезпечити співвідношення та необхідної шорсткості. Водночас вимоги до точності та якості поверхні (посадка з поршнем, герметичність) підвищують трудомісткість фінішної операції.

Зовнішня форма корпусу є більш складною. Деталь має приливи, радіусні переходи, вушка під кріпильні отвори, бічні виступи та локальні фасонні поверхні. Така конфігурація є раціональною для виготовлення литвом, оскільки дозволяє отримати близьку до остаточної форму заготовки з мінімальним обсягом механічної

										КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							19

обробки. Радіуси R1, R2, R5, R6, R8 та інші внутрішні заокруглення сприяють кращому заповненню форми під час литва та зменшують концентрацію напружень, що позитивно як з технологічної, так і з експлуатаційної точки зору.

Більшість оброблюваних поверхонь доступні для стандартного інструменту. Площини кріплення можуть фрезеруватися за один-два установи. Отвори під кріплення та різьбові отвори (M6-6H, M8-6H тощо) є стандартними, що спрощує інструментальне забезпечення та контроль. Наявність фасок $1 \times 45^\circ$ та стандартних притуплень кромки також відповідає вимогам технологічності.

Разом з тим корпус має кілька факторів, що певно ускладнюють виготовлення. По-перше, наявність взаємно перпендикулярних отворів (гідравлічний канал, різьбові отвори під клапан і трубку) потребує додаткових установів або використання багатокординатного обладнання для забезпечення співвісності та позиційної точності. По-друге, є вимоги геометричної точності (перпендикулярність, співвісність, позиційні допуски), що підвищує вимоги до базування деталі під час обробки. По-третє, внутрішні проточки та уступи потребують точного розточування та контролю глибини.

З точки зору базування конструкції є достатньо технологічною: можна використовувати як основну базу циліндричний отвір і одну з опорних площин, що дозволяє забезпечити стабільну схему обробки. Симетричність відносно вертикальної площини також спрощує налаштування.

У цілому корпус можна оцінити як технологічний для серійного виробництва за умови отримання заготовки литвом. Конструкція враховує можливість механічної обробки стандартними методами, містить переважно стандартні елементи та раціональні радіуси переходів. Основні технологічні труднощі пов'язані з забезпеченням точності взаємного розташування отворів і високої якості внутрішнього циліндра, що є обґрунтованими функціональними вимогами вузла.

У таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з. п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Ні, нетехнологічно	На операції цекування торця необхідне застосування спеціального затискного пристосування
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно	Бажано уникати глухих отворів, але в даному випадку це неможливо
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	-
5	Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	Розташування різьбових кріпильних отворів допускає застосування багатоінструментальної обробки. Зовнішні поверхні обертання можуть бути оброблені на токарних багаторізцевих напівавтоматах.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ

Аркуш

21

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
6	Чи є внутрішні торці які необхідно оброблювати?	Так, нетехнологічно	Бажано змінити конструкцію деталі, необхідно погодити з конструктором
7	Чи є скоси або глази під кутами, відмінними від 45°?	Ні, технологічно	-
8	Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
9	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-
10	Точність литва заготовки	II-го класу точності	Бажана виліток I-го класу точності
11	Чи від однієї бази представлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки

Розглянувши таблицю, можна зробити висновок, що деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення

За умов дрібносерійного виробництва технологічний процес виготовлення корпусу гальмівного циліндра характеризується універсальністю обладнання, мінімальною кількістю спеціального оснащення та гнучкістю маршрутів обробки.

Виходячи з конструкції деталі, раціональною заготовкою є виліток, отриманий у піддані форми. Для дрібносерійного виробництва це економічно доцільніше.

Діючий технологічний процес побудований за маршрутною схемою із поділом на токарні, фрезерні, свердильні та розточувальні операції. На першому етапі виконують очищення заготовки, видалення ливників і припусків, після чого проводять чорнове фрезерування базових площин. Формування технологічних баз зазвичай здійснюється по одній із опорних площин та бічній поверхні. Такий підхід є виправданим, однак у дрібносерійному виробництві важливо забезпечити стабільність базування без виготовлення дорогих спеціальних пристроїв, тому використовувалися універсальні машинні лещата, призми або регульовані пристрої.

Обробка основного циліндричного отвору $\varnothing 20H9$ виконувалася за декілька переходів: свердління, чорнове та чистове розточування, за потреби – хонінгування. Для дрібної серії використання універсально-розточувального або вертикально-фрезерного верстата з розточувальною головкою є раціональним. У діючому процесі передбачено кілька переустановок деталі для обробки взаємно перпендикулярних отворів (під клапан, трубку, кріпильні елементи). Це звісно знижує точність і підвищує трудомісткість.

Різьбові отвори М6, М8, М10×1,25 у діючому процесі нарізалися мітчиками після свердління. Для малих партій це технологічно виправдано, однак ручне або напівавтоматичне нарізання різьби збільшує час операції. Застосування різьбонарізних головок або програмного різьбонарізання на ЧПК дозволило б скоротити допоміжний час.

Процес передбачав розділення чоргової та чистої обробки на різні верстатах. Це типово для універсального обладнання, але призводить до збільшення кількості транспортувань і накопичення похибок базування. Для дрібносерійного виробництва більш ефективною була би концентрація операцій із мінімізацією установів. Особливо це актуально для забезпечення співвісності головного отвору та бічних каналів.

Контроль у діючому процесі здійснювався універсальними вимірювальними засобами – мікрометрами, нутромірами, калібрами-пробками. Для дрібної серії це

										КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							23

економічно обгрунтовано, оскільки виготовлення спеціальних контрольних пристроїв недоцільне. Контроль отвору Н9 виконувався після остаточної обробки без додаткових переустановок. Це зменшує ризик похибок.

Загалом діючий технологічний процес для дрібносерійного виробництва можна вважати цілком робочим, тому що він базується на використанні універсального обладнання та стандартного інструменту. Його основними недоліками є чимала кількість установів, недостатня концентрація операцій і підвищена трудомісткість обробки взаємно перпендикулярних отворів. Резервами вдосконалення є застосування обробних центрів із ЧПК, раціоналізація схем базування та скорочення допоміжного часу за рахунок комбінованого інструменту. Це дозволить знизити собівартість і підвищити стабільність якості в умовах дрібносерійного типу виробництва.

Заготовки для корпусу гальмівного циліндра одержують литвом у піщані форми, що мають площину рознімання, із застосуванням машинного формування. Цей метод забезпечує підвищену точність відливки II класу точності.

Для обробки основного отвору корпусу в технологічному процесі передбачена наступна послідовність операцій:

- 1) свердління до $\varnothing 18^{+0,1}$ мм;
- 2) зенкерування до $\varnothing 19,6^{+0,2}$ мм;
- 3) розсортання до $\varnothing 19,8^{+0,1}$ мм;
- 4) алмазне розточування до $\varnothing 20,6^{+0,026}$ мм;
- 5) розкочування до $\varnothing 20,64^{+0,052}$ мм.

Технологічною базою при обробці отвору на всіх етапах є торць циліндра. Конструкторською базою – його вісь. У якості чорнкової технологічної бази прийнята зовнішня поверхня циліндра. Чистову базу одержують мехуванням одного з торців циліндра. Виходячи з того, що при забезпеченні правильного розташування оброблених поверхонь деталі відносно необроблених, вибирають у якості чорнових технологічних баз необроблені поверхні, у даному випадку чорнова база обрана

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ					24

правильно.

При обробці основного отвору принцип єдності технологічної і конструкторської бази не витримується. Але таке базування цілком задовольняє принцип сталості баз. Торцький циліндра служить базовою поверхнею на всіх операціях обробки отвору.

Послідовність операцій у даному технологічному процесі відповідає досягненню заданої точності форми і шорсткості отвору циліндра. Устаткування застосовуване для виконання даної послідовності операцій по своїх параметрах в основному відповідає прийнятним вимогам точності. Але виникають складності на останній операції – розкочуванні.

Даний процес (розкочування) застосовується для одержання щільної і гладкої поверхні отвору. Процес обробки отвору здійснюється сталевими загартованими і відшліфованими роликками конічної форми, що здійснюють разом із оправкою обертальний рух.

До недолів процесу розкочування відноситься складність одержання точного циліндричного отвору унаслідок великого тиску на стінки отвору, нерівномірної товщини стінок і неоднорідності матеріалу деталі. При роботі розкатник переміщається з малою подачею, а зворотний хід здійснюється з підвищеною подачею, що приводить до утворення гвинтових канавок. Це негативно позначається на роботі гальмівого циліндра.

Застосування при розкочуванні газово-масляної змазково-охолоджувальної рідини створює шкідливі умови роботи через токсичність і вогнебезпечність. Крім того виробництво інструмента (розкатника) не налагоджене в нашій країні. Налагодити його виробництво в заводських умовах складно через труднощі технологічного порядку, до яких відноситься складність одержання трьох основних робочих елементів: роликів, конуса і обойми. Так при виготовленні роликів і конуса необхідно одержати високу точність розмірів і шорсткість, а при виготовленні обойми необхідно забезпечити точність взаємного положення пази для роликів. При взаємному обкатуванні роликів і конуса через високі контактні тиски при малому

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

радіусі кривизни роликів відбувається швидке зношування, що приводить до погіршення якості обробки, а надалі до заклинювання роликів.

У зв'язку з цим виникає необхідність заміни фінішної операції на більш ефективну, що дозволить при високій продуктивності, заданій точності форми і низькою шорсткістю застосувати більш простий, а отже більш надійний інструмент. У якості більш досконалого інструмента пропонується застосувати деформуючу протяжку.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

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

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Проведемо розрахунки для поверхні номер 3 – $\varnothing 29,8 h12(-0,21)$. Загальне значення уточнення становить

$$\varepsilon_{нов.3} = \frac{1,3}{0,21} = 6,19.$$

Число ступенів обробки

$$n_{нов.3} = \frac{\lg(6,19)}{0,46} = 1,7.$$

Тобто, приймається два переходи: чорнове та чистове фрезерування.

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск, мкм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Достигнутий допуск	Проміжні ступені	Загальне уточнення
							№	Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	260	12,5	1300	16	5	1	Фрезерув. торця	14	260	5	5
2	14	260	12,5	1300	16	5	1	Фрезерув. торця	14	260	5	5
3	12	210	12,5	1300	16	6,2	1	Чорнове фрезерування	14	520	2,5	6,2
								Чистове фрезерування	12	210	2,48	
								Одноразове фрезерування	12	210	6,2	6,2

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

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	8	22	12,5	1300	16	5,9	1	Свердління	12	150	8,7	58,8
								Розгортання	10	58	2,6	
								Нарізання різьби	8	22	2,6	
							2	Свердління	12	150	8,7	59,3
								Нарізання різьби	8	22	6,8	
5	13	220	12,5	1300	16	5,9	1	Свердління	13	220	5,9	5,9
6	14	250	12,5	1300	16	5,2	1	Свердління	14	250	5,2	5,2
7	9	52	0,63	1300	16	25	1	Розсвердлювання	12	210	6,2	24,4
								Зенкерування	11	130	1,6	
								Розгортання	10	84	1,54	
								Розколювання	9	52	6,2	
							2	Розсвердлювання	12	210	1,6	24,4
								Зенкерування	11	130	1,54	
								Розгортання	10	84	6,2	
								Калібрування дорном	9	52	2,4	
8	8	22	12,5	1300	16	5,9	1	Свердління	12	150	8,7	59,3
								Нарізання різьби	8	22	6,8	
							2	Свердління	12	150	8,7	58,8
								Розгортання	10	58	2,6	
								Нарізання різьби	8	22	2,6	
9	8	18	12,5	1300	16	72,2	1	Свердління	12	120	10,8	72,9
								Розгортання	10	48	2,5	
								Нарізання різьби	8	18	2,7	
								2	Свердління	12	120	
Нарізання різьби	8	18	6,7									

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

КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ

Аркуш

28

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	14	520	12,5	1300	16	2,5	1	Точіння	14	520	2,5	2,5
11	14	520	12,5	1300	16	2,5	1	Точіння	14	520	2,5	2,5
12	14	740	12,5	1300	16	1,76	1	Торцювання	14	740	1,76	1,76

Виходячи з загального маршруту обробки деталі, для конкретних поверхонь обираємо такі маршрути, що дозволяють скоротити номенклатуру ріжучого інструменту та використовуваного обладнання.

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

Операція	Зміст переходів
1	2
005 Заготівельна	Литво у піщані форми із застосуванням машинного формування.
010 Токарна	Підрізати торець 12. Точити пов. 10, 11, розсвердлити отв. 7, зенкерувати отв. 7, розгорнути отв. 7, точити фаску на токарно-револьверному верстаті мод. 1E316.
015 Токарна	Підрізати торець 12 з іншої сторони, точити пов. 10, 11, точити фаску з іншої сторони на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16K20.

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

Продовження таблиці 2.3

1	2
020 Фрезерно-свердлильна	Фрезерувати поверхню 2, фрезерувати пази, торець 1, свердлити два отв. 9, свердлити отв. 4, 5, нарізати різьбу 4 та дві різьби 6, повернути пристосування на 8°, свердлити отвір 6, 8, нарізати різьбу на фрезерному універсальному верстаті моделі 6520Ф3 з пристроєм ЧПК.
025 Токарна	Розточити отвір 7 на токарно-револьверному верстаті моделі 1F316.
030 Калібруюча	Калібрувати отвір 7 на гідропресі типу ГМ.
035 Мийна	Промити готову деталь..
040 Контрольна	Контролювати точність виготовлення.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 20,64H_{9}^{kS(0,052)}$.

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

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

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

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

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

ϵ_{i-1} – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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

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

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 20,64H9^{(+0,052)}$

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розрах. припуск kZ_{min} , мкм	Розр. розм. d_p , мм	Доп. δ_1 , мкм	Граничні розміри, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	T	ρ	ϵ_y				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	700	30	-	-	-	16	800	16	16,8	-	-
Розсвердлюв.	63	80	55	300	2000	18	400	18	18,4	1,6	2
Зенкерув.	32	40	2,75	300	1600	19,6	200	19,6	19,8	1,4	1,6
Розгортання	10	20	1	30	200	19,8	100	19,8	19,9	0,1	0,2
Алм. розточ	10	10	0,5	740	800	20,6	26	20,6	20,626	0,726	0,8
Калібрув.	0,63	-	-	0	40	20,64	52	20,64	20,692	0,066	0,04
								Σ		3,892	4,64

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

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_3 - \delta_d; \quad (2.5)$$

$$4647 - 3892 = 800 - 52;$$

$$745 \neq 748.$$

На рисунку 2.1 наведена схема графічного розташування припусків та допусків.

Рисунок 2.1 – Схема графічного розташування
припусків та допусків $\varnothing 20,64H9^{+0,052}$

Також припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників.
Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблені поверхні деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1,2	Торець	Фрезерування	2,5	±IT14/2	±0,26
3	Циліндрична Ø29,8	Фрезерування	1,6	h12	-0,21
4*	-	-	-	-	-
5	Циліндрична Ø10	Свердління Нарізання різьби	-	H12 6H	+0,15 +0,022
6	Циліндрична Ø3	Свердління	-	h14	-0,25
7*	-	-	-	-	-
8	Циліндрична Ø3	Свердління Нарізання різьби	-	H12 6H	+0,15 +0,022
9	Циліндрична Ø6	Свердління Нарізання різьби	-	H12 6H	+0,15 +0,022
10	Циліндрична Ø24	Точіння	1,5	h14	-0,52
11	Циліндрична Ø27	Точіння	1	h14	-0,52
12	Торець $l = 57$ мм	Торцювання	-	±IT14/2	±0,37

*Припуски на пов. 4 та 7 визначені розрахунково-аналітичним методом

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції технологічного оснащення

Розробка технологічного оснащення для базування та закріплення корпусу під час механічної обробки є одним із ключових чинників забезпечення точності, стабільності якості та економічної ефективності виготовлення в умовах серійного виробництва [7, 28, 12, 36, 28, 39]..

Корпус гальмівного циліндра має складну просторову форму з поєднанням циліндричних, площинних і фасонних поверхонь, а також взаємно перпендикулярних отворів із жорсткими вимогами до співвісності та позиційних допусків. За відсутності спеціально розробленого пристосування базування часто здійснюється по необроблених або маложорстких поверхнях, що призводить до накопичення похибок при багаторазових переустановках. Це особливо критично для обробки основного отвору Ø20H9 та отворів під клапан і трубку, де відхилення співвісності безпосередньо впливає на герметичність і робоздатність вузла.

Технологічне пристосування дозволяє реалізувати раціональну схему базування, забезпечити сталість технологічних баз і мінімізувати вплив людського фактору. Жорстке та повторюване закріплення зменшує вібрації під час розточування й свердління, що покращує якість поверхні та точність розмірів. Особливо це важливо при чистовій обробці корпусу, де вимоги до шорсткості та геометрії є підвищеними.

Крім точності, оснащення безпосередньо впливає на продуктивність. Використання спеціального або універсально-налагоджуваного пристосування скорочує допоміжний час на встановлення та вивірення деталі, що суттєво для серійного виробництва, де частка допоміжного часу у собівартості є відносно високою. Раціонально спроектоване пристосування може забезпечити обробку декількох поверхонь за один установ, підвищуючи концентрацію операцій та зменшуючи кількість переходів між верстатами.

										КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							34

Важливим аспектом є також безпека та ергономіка. Корпус має нерівномірний розподіл маси та складну форму, тому без спеціального закріплення можливе перекошування або нестійкість під час різання. Пристосування забезпечує надійне фіксування без деформації деталі, що особливо важливо для литих заготовок.

Таким чином, розробка технологічного оснащення є необхідною умовою забезпечення точності взаємного розташування отворів, стабільної якості внутрішнього циліндра, зниження трудомісткості та підвищення економічної ефективності виготовлення корпусу.

3.2 Опис конструкції

На рисунку 3.1 наведено встановлювальне пристосування, що використовується під час обробки корпусу.

Рисунок 3.1 – Пристосування: 1 – стійка; 2 – упор; 3 – плита опорна;
4 – гвинт; 5 – шайба пружинна; 6 – штифт

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Розроблене верстатне пристосування призначене для встановлення деталі при операції 030 (калібрування деформуючим протяганням). Пристосування являє собою плиту 3, яка кріпиться до столу верстата чотирма болтами. До плити кріпиться стійка за допомогою чотирьох гвинтів 4. Стійка являє собою напівциліндр з центральним отвором для входу інструмента. Над отвором існує циліндричне заглиблення в яке встановлюється деталь. Для уникнення похибки базування деталь встановлюється вільно. Після того, як деталь оброблена, інструмент здійснює зворотний рух, при якому деталь разом з інструментом підіймається вгору. Для того, щоб відокремити інструмент від деталі існує упор 2, який кріпиться до верхньої частини корпусу за допомогою трьох гвинтів 4. Упор являє собою напівциліндричну плиту з отвором у центрі, в який входить інструмент. Для уникнення неспіввісності центрального отвору упору та центрального отвору корпусу упор кріпиться до корпусу за допомогою двох штифтів 6.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Деталь (корпус) виготовляється із сірого чавуну СЧ20, що має добрі ливарні властивості. Для вибору найкращого варіанту виготовлення заготовки проаналізуємо два методи: литво у піщано-глиняні форми, литво в кокіль [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Точність розмірів при литві у піщані форми 15...19 кв., шорсткість поверхні за R_z до 80 мкм, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,7. Точність розмірів при литві у кокіль 14...17 кв., шорсткість поверхні за R_z становить 80...40 мкм, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,85.

При отриманні деталі методом литва у піщані форми маса заготовки буде становити:

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

де m_d – маса деталі;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_{заг} = \frac{0,215}{0,7} = 0,307 \text{ (кг)}.$$

При литві у кокіль:

$$m_{заг} = \frac{0,215}{0,85} = 0,253 \text{ (кг)}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ВИГОТОВЛЕННЯ.

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

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

де S_3 – базова вартість 1 т заготовок, грн;

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

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

q_d – маса деталі, кг;

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

У піщані форми:

$$C = (98 \cdot 1,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,06) - (0,307 - 0,215) \cdot 5 = 194,8 \text{ (грн)}$$

У кокіль:

$$C = (98 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,06) - (0,253 - 0,215) \cdot 5 = 166,0 \text{ (грн)}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (194,8 - 166) \cdot 500 = 17280 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовки – литво в кокіль.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.2 Заходи із охорони праці при виробництві корпусу

Виробництво корпусу гальмівного циліндра пов'язане з виконанням ливарних, механічних, свердлильних, розточувальних, фрезерних та різьбонарізних операцій, що супроводжуються дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать рухомі частини верстатів, стружка, підвищений рівень шуму і вібрації, пилю, мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), електричний струм, підвищена температура при литті заготовок. Заходи з охорони праці повинні забезпечувати мінімізацію ризиків для працівників на всіх етапах виготовлення [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Перед початком роботи працівники повинні пройти інструктаж з охорони праці, перевірку знань правил безпеки та бути допущеними до роботи наказом по підприємству. Обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту: спецодягу, захисного взуття, окулярів або щитка для захисту очей від стружки, рукавиць (крім роботи на обертових механізмах, де їх застосування заборонене), засобів захисту слуху при підвищеному рівні шуму.

Під час механічної обробки корпусу необхідно забезпечити справність верстатного обладнання, наявність захисних огорожень рухомих частин, справність заземлення та аварійних вимикачів. Забороняється виконувати вимірювання або очищення деталей при працюючому гальмівному циліндрі. Видалення стружки слід проводити тільки після повної зупинки верстата за допомогою спеціальних гачків або щіток. Заборонено здувати стружку стисненим повітрям у напрямку працівника.

При свердлінні та розточуванні необхідно надійно закріплювати заготовку в пристосуванні, що запобігає її провертання або викиданню. Особливу увагу слід приділяти правильному базуванню корпусу, оскільки його складна форма може спричинити нестійкість при закріпленні. Під час нарізання різьби потрібно контролювати режим різання, щоб уникнути деломки інструменту.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

У разі використання мастильно-охолоджувальних рідин необхідно забезпечити справну систему їх подачі та відведення, вентиляцію робочої зони, а також дотримання вимог щодо зберігання та утилізації відпрацьованих рідин. Робочі місця повинні бути обладнані місцевою витяжною вентиляцією для видалення аерозолів і пилу.

Якщо корпус виготовляється з литої заготовки, то під час ливарних операцій необхідно дотримуватися правил безпеки при роботі з розплавленим металом: застосовувати термостійкий спецодяг, щитки для обличчя, забезпечувати сухість форм і відсутність вологи, яка може спричинити вибухове випаровування.

Переміщення заготовок і готових корпусів повинно здійснюватися із застосуванням підйимально-транспортних механізмів відповідно до їх маси. Забороняється перевищувати допустимі навантаження та перебувати під піднятим вантажем.

Робоче місце має бути організоване відповідно до вимог ергономіки: достатнє освітлення (не менше нормативного для механічної обробки), відсутність слизьких поверхонь, впорядковане розміщення інструменту. Необхідно регулярно проводити прибирання стружки та відходів.

Таким чином, комплекс заходів з охорони праці при виробництві корпусу передбачає технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні вимоги, спрямовані на запобігання травматизму, професійним захворюванням і забезпечення безпечних умов праці під час виконання механічних та допоміжних операцій.

4.3 Заходи зі зниження шкідливого впливу виробництва на довкілля

Виготовлення корпусу (литва заготовки, механічна обробка, миття, контроль) супроводжується утворенням відходів металу, пилу, аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), стічних вод, шуму та викидів від енергоспоживання. Зменшення негативного впливу на довкілля досягається впровадженням організаційних, технологічних і інженерних заходів.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

На стадії отримання заготовок доцільно застосовувати ресурсощадні ливарні технології з мінімальними припусками на обробку, що зменшує обсяг стружки та енерговитрати. Використання багаторазових форм або оптимізація ливникових систем дозволяє знизити кількість ливарних відходів. Металеві відходи (стружка, обрізки) поглинні збиратися окремо за видами матеріалів та передаватися на переробку.

Під час механічної обробки необхідно застосовувати системи локальної витяжної вентиляції для уловлювання аерозолів МОР та металевого пилю. Використання сучасних емульсій з підвищеним терміном служби, систем фільтрації та регенерації МОР зменшує обсяг небезпечних відходів і споживання води. Відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини мають утилізуватися спеціалізованими підприємствами відповідно до екологічних норм.

Для очищення виробничих стічних вод доцільно застосовувати локальні очисні установки (відстійники, фільтри, масловловлювачі). Забороняється скид неочищених стоків у каналізацію або природні водойми. Впровадження замкнених систем водопостачання значно зменшує водоспоживання.

Зниження рівня шуму та вібрації досягається використанням сучасного обладнання, своєчасним технічним обслуговуванням верстатів, застосуванням шумоізолюючих кожухів та антивібраційних опор. Це позитивно впливає як на стан довкілля, так і на умови праці.

Рациональне використання енергоресурсів є важливою складовою екологічної політики підприємства. Застосування енергоефективних електродвигунів, частотних перетворювачів, автоматичного вимкнення обладнання у режимі простою, LED-освітлення дозволяє зменшити споживання електроенергії та пов'язані з цим непрямі викиди парникових газів.

Організаційні заходи передбачають впровадження системи екологічного менеджменту (наприклад, відповідно до ISO 14001), проведення регулярного моніторингу викидів та відходів, навчання персоналу принципам екологічної відповідальності та сортування відходів.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таким чином, зниження шкідливого впливу виробництва корпусу на довкілля забезпечується комплексним підходом, що включає мінімізацію відходів, очищення викидів і стічних вод, повторне використання ресурсів, підвищення енергоефективності та дотримання екологічних стандартів. Це сприяє сталому розвитку підприємства та відповідності сучасним екологічним вимогам.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

ВИСНОВКИ

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

1. Встановлено функціональне призначення циліндра гальмівного. Виконано аналіз складової деталі, а саме корпусу. Описано конструкційний матеріал цієї деталі та надано рекомендації щодо нееквівалентного матеріалу-аналога. На основі результатів маркетингового дослідження визначено тип виробництва – середньосерійний.

2. Виконано опрацювання вузла та його деталі на технологічність. Проаналізовано чинний технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Розрахунково-аналітичним методом визначено припуски на обробку та операційні розміри для поверхні $\varnothing 20,64H9^{(+),052}$ мм, а також припуски встановлено за табличними даними.

3. Запропоновано конструкцію встановлювального пристосування, що застосовується під час обробки корпусу. Описано його будову та принцип дії.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 600 шт. склав 17280 грн. Окрім того, запропоновано заходи із охорони праці на виробництві. Приділено увагу зменшенню шкідливого впливу виробництва на довкілля.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик гальмівного циліндра, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик встановлювального пристосування.

										КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							43

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. Бойчук І.М. Економіка підприємства. Київ: Каравела, Львів: «Новий світ-2001», 2001. 298 с.
6. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. 448 с.
7. Буц Б.Д., Приходько В.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_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

12. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Навчальний посібник. Херсон: Слді-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. Коборко 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_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							45

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_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

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. Келіш, 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., Гнітко С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава: Технологічний Центр, 2019. 204 с.

										КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							47

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.

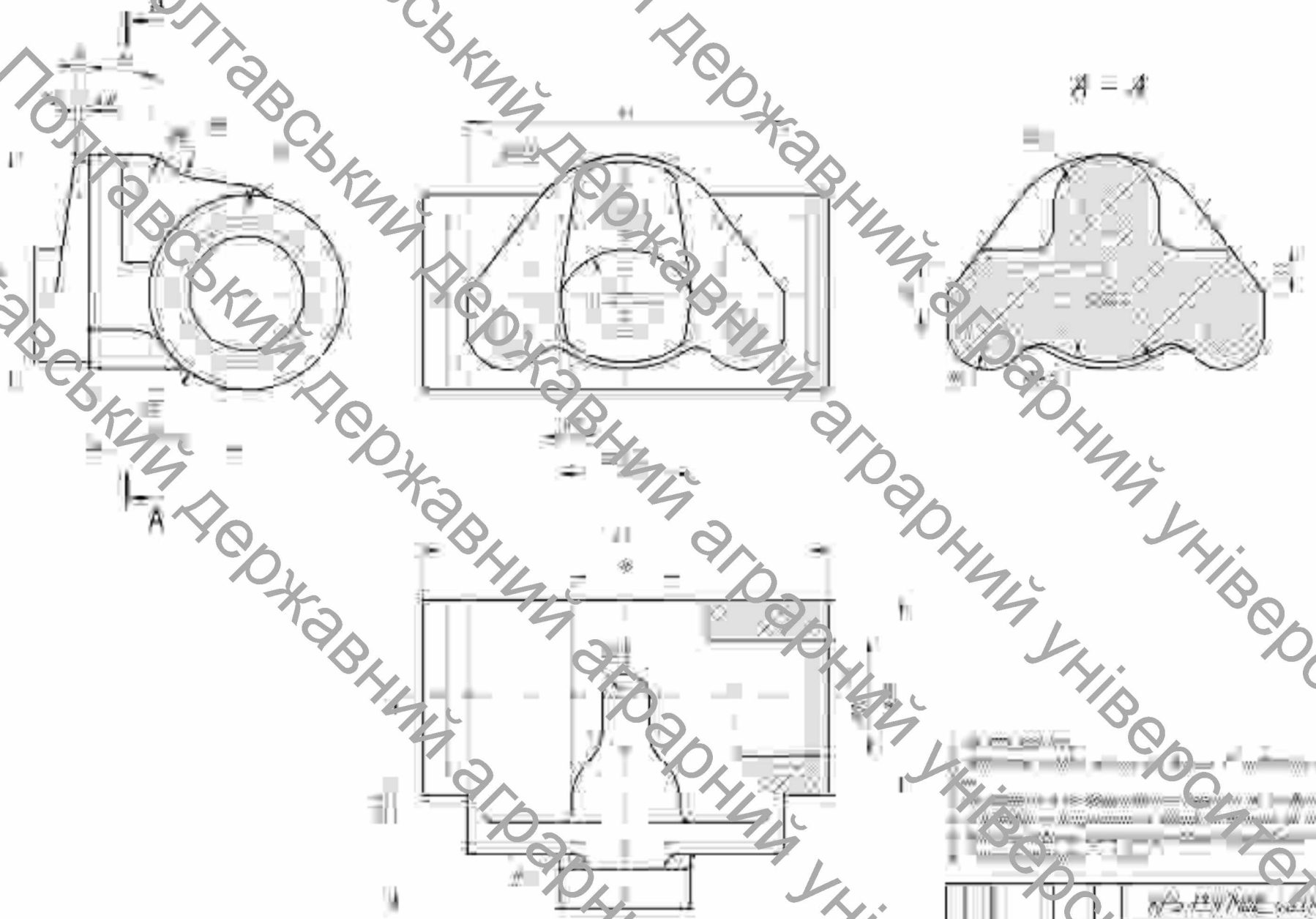
50. Ярецька В.М. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Київ: Професіонал, 2004. 288 с.

					КРБ.133ГМбд_42.04.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Полтавський державний аграрний університет



№ 4



Полтавський державний аграрний університет	
№ 4	2025
1134	250
1134	250

