

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 обґрунтування виробництва
вала-напівмуфти редуктора конічного»

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 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
ДОЛГІЙ Даниїл

Керівник: докт. техн. наук, професор
ВЛАСОВЕЦЬ Віталій

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

ДОЛГІЙ Даниїл

1 Тема роботи: «*Техніко-технологічне обтунтування виробництва вала-напівмуфти редуктора конічного*»,

керівник роботи **докт. техн. наук, професор ВЛАСОВЕЦЬ Віталій**,
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 – *редуктор конічний: потужність на вихідному валі, 4,0 кВт; момент на вихідному валі, 970 Нм; максимальна частота обертання вхідного валу, 740 об/хв.; передатне число редуктора – 2; габаритні розміри, мм, 420×368×362; маса, кг, 58; річна програма випуску, шт., 1000.*

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

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

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

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

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна 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 _____ Даниїл ДОЛГІЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 9 таблиць, 50 використаних джерел, 50 сторінок.

Об'єкт розробки – редуктор конічний.

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

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

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

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

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

У **технологічному розділі** проведено відпрацювання на технологічність виробу та його деталі. Запропоновано маршрути обробки поверхонь валу-напівмуфти. Запропоновано схеми базування. Визначено припуски та операційні розміри на обробку розрахунково-аналітичним та табличним методами.

У **конструкторському розділі** було запропоновано конструкцію затискного пристосування для фрезерування деталі, а також проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу та слабкої ланки на міцність.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** здійснено техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки валу-напівмуфти, інженерні розрахунки штучного освітлення точковим методом для виробничого приміщення, а також приділено увагу екологічним аспектам надмірного та недостатнього зрошування сільськогосподарських площ.

Практичні результати роботи – розроблено складальний кресленик редуктора конічного (потужність на вихідному валі, 4,0 кВт; момент на вихідному валі, 970 Нм; максимальна частота обертання вхідного валу, 740 об/хв.; передатне число редуктора – 2; габаритні розміри, мм, 420×368×362; маса, кг, 58; річна програма випуску, шт., 1000) кресленик валу-напівмуфти, кресленик заготовки валу-напівмуфти, складальний кресленик затискного пристосування для виконання фрезерної операції механічної обробки.

Рекомендації щодо використання результатів роботи вал-напівмуфта порожнистий входить до складу редуктора конічного, що застосовується в конструкції обприскувача для ефективної передачі обертового моменту.

Сфера застосування результатів роботи – галузеве машинобудування.

Графічна частина становить 1 арк. ф. А1, 1 арк. ф. А2, 2 арк. ф. А3.

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

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається конструкція редуктора конічного. Представлено службове призначення вузла. Здійснено аналіз параметрів точності деталі. Охарактеризовано конструкційний матеріал для виготовлення. Визначено тип виробництва. Проведено відпрацювання на технологічність. Проаналізовано діючий процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу-напівмуфти. Запропоновано схеми базування. Визначено припуски та операційні розміри. Розроблено конструкцію затискного пристосування, а також приділено увагу розрахункам зусилля затиску, параметрам силового приводу, слабкої ланки на міцність. Розраховано економічну ефективність заготівельного виробництва. Проведено розрахунок освітлення точковим методом. Приділено увагу екологічним аспектам надмірного та недостатнього зрошення сільськогосподарських площ.

РЕДУКТОР КОНІЧНИЙ, ВАЛ-НАПІВМУФТА, АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНЕ, ЗАГОТОВКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ, ЗРОШУВАННЯ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work considers the design of a bevel gearbox. The analysis of the accuracy parameters of the part is carried out. The structural material for manufacturing is characterized. The type of production is determined. The manufacturability test is carried out. The current manufacturing process is analyzed. The route for processing the surfaces of the shaft-half coupling is developed. Basing schemes are proposed. Allowances and operating dimensions are determined. The design of the clamping device is developed, and attention is paid to the calculations of the clamping force, the parameters of the power drive, the weak link for strength. The economic efficiency of the blanking production is calculated. The lighting was calculated using the point method. Attention is paid to the environmental aspects of excessive and insufficient irrigation of agricultural areas.

BEVEL GEARBOX, SHAFT-HALF COUPLING, ACCURACY ANALYSIS, MACHINING ROUTE, ALLOWANCE, CLAMPING DEVICE, BLANK, ECONOMIC EFFICIENCY, LIGHTING, IRRIGATION

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис	8
1.2 Аналіз параметрів точності	13
1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник	14
1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	17
2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення	21
2.3 Обробка поверхонь	22
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	25
2.5 Призначення схем базування	29
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	32
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	36
3.1 Розробка конструкції затискного пристосування	36
3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу	37
3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність	42
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	43
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	43
4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва зготовки деталі	43
4.2 Інженерний розрахунок штучного освітлення	45
4.3 Екологічні аспекти недостатнього та надлишкового зрошування	48
ВИСНОВКИ	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	51

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Виконав		Долгій Д.В.		
Перевірив		Власовець В.М.		
Керівник		Власовець В.М.		
Н. контр.		Власовець В.М.		
Затверд.		Попов С.В.		

Зміст		
Літера	Аркуш	Аркушів
н	5	50
ПДАУ, 2026 р.		

ВСТУП

Конічний одноступінчастий редуктор широко використовується в конструкціях машин для обприскування рослин завдяки своїй здатності ефективно передавати обертання від двигуна до робочого елемента (наприклад, штанги). Розглянемо кілька ключових застосувань та переваги:

1) компактність та надійність (конічний редуктор займає менше простору та забезпечує надійну передачу потужності, що особливо важливо в обмежених умовах, таких як трактори чи обприскувачі);

2) зміна кута обертання (дозволяє змінювати кут обертання, що допомагає передавати рух від осі двигуна до інших елементів, наприклад, штанги);

3) висока ефективність (конічні редуктори мають низькі втрати на тертя, що сприяє більш ефективному використанню потужності та зниженню споживання палива);

4) стійкість до навантажень (здатні справлятися із високими навантаженнями та забезпечують стабільну роботу навіть у важких умовах експлуатації);

5) легкість в обслуговуванні (простота конструкції дозволяє легко здійснювати обслуговування та заміну компонентів за потреби).

Таким чином, конічний одноступінчастий редуктор є важливим елементом у машинах для обприскування, забезпечуючи їхню ефективність та надійність [32].

Деталь, виснесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (вал-напівмуфта), є складовою частиною редуктора конічного.

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

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 відомими методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля загіску, розрахувати параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці та захисту довкілля;

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

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд вноситься редуктор конічний одноступінчастий (рисунок 1.1, таблиця 1.1) з кутом між осями 100° , з передавальним числом $u = 2$. Він застосовується для передачі обертового руху з одночасним зниженням частоти обертання (а відтак і збільшенням крутного моменту).

Рисунок 1.1 - Редуктор конічний одноступінчастий

Редуктор складається з корпусу 11, що кріпиться до рами шасі болтами через чотири отвори у верхньому фланці, ведучого валу (вал-шестерні) 17, веденого порожнистого валу 14 з насадженим на нього конічним зубчастим колесом 18, причому для передачі крутного моменту між ведучими одна відносно одної

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

деталлями в межах редуктора застосовані шліцьові з'єднання, здебільшого евольвентні. Колесо 18 зафіксоване в осьовому напрямку круглою гайкою 55 із шайбою 68. Вал-шестерня 17 сприймає крутний момент від фланця 16, що підтиснений в осьовому напрямку прорізною гайкою 54, попередженою проти відгвинчування шплінтом 74. Обертальний рух ведучого валу забезпечується двома кульковими підшипниками 64, що розташовані у стакані 12, що закривається кришкою 13, яка утворює розмірний ланцюг з цим стаканом, зовнішніми кільцями підшипників, прокладкою 37 та розпірною втулкою 42. Компенсація неточностей виготовлення деталей-складових частин цього підвузла усувається застосуванням регулювальних прокладок 38, 39, 40. Між вал-шестернею 17 та фланцем 16 теж утворено розмірний ланцюг за участю внутрішніх кілець підшипників 64, розпірної втулки 41 та шайби 67. Неточності виготовлення у цьому випадку компенсуються затягуванням гайки 54. Кріплення підвузла вал-шестерні до корпусу здійснюється за допомогою шести болтів 46.

Основна технічна характеристика наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

Назва параметра	Величина
Геометричне число	2,0
Потужність на вихідному валі, кВт	4,0
Момент на вихідному валі, Н·м	970
Максимальна частота обертання вхідного валу, об/хв.	740
Габаритні розміри, мм	420×368×362
Маса, кг	58

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

9

Подібно до будови підвузла швидкохідного валу зібраний тихохідний вал, рух якого забезпечується двома підшипниками 62 та 63, що вміщені у циліндричну порожнину корпусу. Перший розмірний ланцюг утворює вал-напівмуфта 14, внутрішні кільця підшипників, дистанційна втулка 36, маточина колеса 18, стопорна шайба 69, який замикається гайкою 55 або додатково – комплектом регулювальних шайб 32, 33, 34. Другий розмірний ланцюг включає в себе порожнину корпусу, зовнішні кільця підшипників, дистанційну втулку 31 та кришку 35. Остання утримується зв'язком з корпусом через чотири болти 48.

Інший кінець валу 14 являє собою вінець зірки з числом зубців $z = 12$. У парі з іншою деталлю та ланцюгом 59 утворюється ланцюгова муфта, призначена для компенсації неточностей монтажу тихохідного валу редуктора з відповідною наступною ланкою кінематичного ланцюга, а також для можливості від'єднання редуктора від сполучного валу шляхом розбирання болтового з'єднання 19 – 51– 72 і зняття ланцюга.

У нижній частині редуктор закритий кришкою 1, пригвинченою до круглого фланця корпусу 12-ма болтами 47. На кришці міститься у собі кронштейн для закріплення важеля 21, що з'єднаний з одного боку з набором стрижнів 22 – 19 – 45 механізму керування органами трансмісії крана, а з іншого – із тросом тяги. Приводиться цей механізм у рух за допомогою важеля 2 та відводки 3, що перетворює коливальний рух важеля у зворотно-поступальний рух механізму керування.

Для здійснення періодичного огляду за станом механізмів редуктора, заправлення оливою, а також зручності його складання-розбирання у бічній частині передбачене оглядове вікно, що закривається кришкою 29, закріпленою п'ятьма болтами 61.

Стопоріння різьбових з'єднань (болтів) здійснюється за допомогою пружинних шайб, стопорних шайб, а також шплінтів і контргайок.

Мащення рухомих з'єднань та передач здійснюється за рахунок розбризкування оливи ведучим зубчастим колесом, що заливається в об'ємі $V = 4$ л у нижню частину

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

корпусу, окрім підшипникового вузла тихохідного валу, де змащування відбувається набитим консистентним мащенням. Герметичність внутрішньої порожнини редуктора забезпечується гумовими кільцями 57, 58, прокладками 27, 30, 37, 46, двома манжетами 61 та лабіринтно-відцентровим ущільненням валу напівмуфти 14. Зливання відпрацьованої оливи чи надлишкової її кількості здійснюється через отвір, що закривається пробкою 26. Заправлення консистентного мащення проводять через трубку 20, загвинчену в отвір корпусу. На іншому кінці трубки заглушена мазниця 60. Для попередження проникнення води або оливи від напівмуфти всередину корпусу у його верхній частині передбачено перепускний отвір, що з'єднує відповідне заглиблення з зовнішньою частиною корпусу нижче прямокутного фланця.

Під час експлуатації редуктор зазнає негативного впливу зовнішнього середовища, тобто бруду, абразивного пилю. Під час пересування корпус редуктора зазнає впливу струсів, вібрації, ударів шматочків ґравію, змін температури в досить широких межах, що впливає на умови змащування тертьових вузлів редуктора через зміну в'язкості оливи та пластичного мащення. Унаслідок старіння гумових ущільнень та спрацювання манжет можливі витіки мастильних матеріалів назовні редуктора, забруднення останніх, і, як наслідок, – прискореного спрацювання зубчастої передачі та підшипників.

Навантаження рухомих елементів редуктора нереверсивне. Повторно-короткочасний режим роботи кранових вузлів спричиняє коливання складних навантажень у широких межах, хоча частота обертання змінюється мало (зі збільшенням навантаження знижується, що визначається механічною характеристикою двигуна з внутрішнього згорання). Вали та зубчаста передача розраховані на термін служби не менше 10 тисяч годин.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вал напівмуфти (рисунок 1.2). Він являє собою порожнистий стрижень з розвиненим розширенням (фланцем) на одному боці, на якому наявні зубці зірочки, та евольвенти шліцьовий вінець і різьбу на іншому боці. Додатковими елементами виступають три канавки, що слугують

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ					11

Рисунок 1.2 – Вал-напізмуфта

лабіринтно-відцентровим ущільненням у парі з відповідною поверхнею корпусу та поздовжній паз, призначений для закладання у нього одного з вусиків стопорної шайби Н.42 (поз. 69). Ступінь валу, що прилягає до зубчастого вінця, має суттєво більшу товщину стінки, а ступінь з різьбою, особливо у місці пазу, – істотно меншу товщину стінки, аніж решта ділянок. Це може впливати на режими обробки ділянки паза унаслідок різної жорсткості ступенів. Шліцьовий вінець має напівзакрите розташування, що виключає обробку на прохід, і тому наявні недорізи інструменту – шліцьової фрези, причому діаметр останньої має знаходитися у межах 32...50 мм, оскільки сусідня поверхня є цапфою для встановлення

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

підшипників, внутрішні кільця яких повинні мати надійне сполучення з поверхнею валу.

На кінцях наскрізного внутрішнього отвору постійного діаметра виконані дві фаски, призначені для полегшення механічної обробки зовнішніх ділянок валу. Довжина отвору становить понад п'ять його діаметрів, що визначає особливості його остаточного формування, наприклад, кількаразове виведення осьового інструменту або двостороння обробка. Також передбачені канавка для виходу шліфувального круга та проточка для виходу різьбонарізного інструменту.


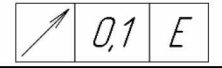
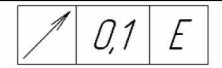

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 12, 13, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

№ поверхні	Назва поверхні (елемента)	Розмір з відхиленнями	Квалітет точності	Точність розганування	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Різьба метрична	M42×1,5	8g	–	3,2
2	Циліндрична	Ø30 ^{+0,33}	H13	–	20
3	Циліндрична	Ø49,5 ^{-0,16}	h11	–	3,2
4	Торець	37±0,31	js14	–	12,5
5	Проточка	Ø39,8 ^{-0,39}	h13	–	12,5
6	Циліндрична	Ø50 ^{-0,016}	h6	–	0,63
7	Канавка	Ø49,5 ^{-0,16}	h11	–	12,5
8	Торець	46±0,31	js14	–	3,2
9	Торець	6 ^{-0,3}	h14	–	12,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
10	Торець	173-1	h14	–	12,5
11	Торець	5±0,15	js14		12,5
12	Торець	173-1	h14	–	12,5
13	Циліндрична	Ø65 ^{-0,10} _{-0,29}	d11		3,2
14	Циліндрична	Ø55 ^{-0,10} _{-0,29}	d11		3,2
15	Канавка	1,5-0,25	h14	–	12,5
16	Паз	38-0,62	h14	–	12,5
17	Циліндрична	Ø109-0,87	h14	–	12,5
18	Евольвентна	Ø45*	h9		1,6

* дільний діаметр шліцьового вінця, поле допуску стосується бічної поверхні шліців.

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі «вал-напівмуфта», маємо, що найточніший розмір у поверхні № 6 – Ø50h6(-0,016). Найнижча шорсткість цієї ж поверхні Ra=0,63 мкм. Точнісно-шорсткісні параметри усіх поверхонь також ув'язані, довідні операції не потрібні. Деталь може бути порівняно легко виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Вал-напівмуфта виготовляється з якісної вуглецевої сталі 45 [24, 37]. Альтернативою їй може бути легрована сталь 40X. Дані щодо їхнього механічного й хімічного складу наведені у таблиці 1.3.

Для виготовлення деталей типу «вали» застосовуються вуглецеві та леговані сталі, що володіють високою міцністю, доброю оброблюваністю різанням, здатністю зміцнюватися в результаті термічної обробки. До них належать сталі 35, 40, 45, 40X, 30XH, 50X, 40Г2 та ін. До матеріалу розглядуваної деталі висуваються

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

вимоги твердості робочої поверхні вінця зірочки, достатньої міцності валу по всій довжині, економічності за масою.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості сталей 45 та 40X

Марка сталі	Хімічний склад					Механічні властивості після поліпшення			
	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	σ_T	σ_B	δ	ψ
						МПа		%	
45	0,42...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	0...0,040	0...0,035	500	720	15	55
40X	0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	0...0,035	0...0,035	800	1000	10	45

Деталь має бути жорсткою при обробці різанням. З огляду на конструкцію валу можна стверджувати, що сталь 45 достатньою мірою відповідає наведеним вимогам і коштує дешевше легованої 40X. Її широке застосування у машинобудуванні теж сприяє остаточному виборі на користь цієї марки для розглядуваної деталі «Вал-напівмуфта».

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу-напівмуфти редуктора конічного у кількості 1000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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.

$$N_{зан} = (1000 + 0,04 \cdot 1000) \cdot (1 + 0,025) = 1041 \text{ (шт.)}$$

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

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Критерієм досконалості і технічного рівня машин з точки зору найкращого співвідношення ціна-якість є технологічність. Вона характеризується низкою показників, основними з яких є трудомісткість, собівартість, матеріаломісткість, енергомісткість. Підвищення технологічності конструкцій машин є одним із резервів машинобудування. Стандартизація й уніфікація елементів виробів, що входять до складу збірних одиниць, дає змогу значно скоротити номенклатуру використовуваного інструменту, допоміжний час на обробку та контроль, а також обсяг ремонту оснащення [23].

Проводячи аналіз вузла на технологічність, виконують перевірку його за рядом чинників, які відповідають технологічності виробу. У випадку невідповідності вузла за якими-небудь параметрами вимогам технологічності необхідно (за змогою) вжити заходів щодо поліпшення конструкції. Нижче перелічені типові ознаки технологічності стосовно вузла «Редуктор конічний».

1. При складанні вузла і монтажеві на автомобільний кузов регулювально-припасувальні роботи відсутні. Цього досягнуто завдяки коротким розмірним ланцюгам підвузлів швидкохідного й тихохідного валів, належної точності виготовлення складових ланок, застосуванням прокладок-компенсаторів, відокремлення місць регулювання зазорів між ланками швидкохідного валу та зубчастій передачі за допомогою стакана.

2. До складу вузла входять чимало стандартизованих й уніфікованих елементів, що знижує вартість готового виробу, зменшує вимоги до номенклатури обладнання на підприємстві-виробникові і плат працівників. Кількісними показниками технологічності слугують коефіцієнти стандартизації й уніфікації.

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{ст} = A_{ст\ ел} / A_{\Sigma\ ел} , \quad (2.1)$$

де $A_{ст\ ел}$ – кількість стандартизованих елементів;

$A_{\Sigma\ ел}$ – загальна кількість елементів.

$$K_{ст} = 25/70 = 0,36.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{у} = A_{у\ ел} / A_{\Sigma\ ел} , \quad (2.2)$$

де $A_{у\ ел}$ – кількість уніфікованих елементів;

$A_{\Sigma\ ел}$ – загальна кількість елементів.

$$K_{ст} = 38/70 = 0,54.$$

Визначення технологічності складальної одиниці згідно коефіцієнтів стандартизації й уніфікації проводиться задля удосконалення конструкції складових частин вузла, зручності виготовлення та складання, зниження собівартості виробу.

3. Бажане спрощення сполучень деталей, але цьому заважає вимога герметичності вузла в цілому. У нашому випадку жодна з деталей не є зайвою, і з'єднання є досить досконалими (шліцьові замість шпонкових, тому скорочується кількість складових частин). З огляду на процес складання й розбирання труднощів не виникає, редуктор має просту конструкцію щодо огляду й заміни мастильних матеріалів. З'єднання деталей і підвузлів між собою виконано без гарантованих натягів, що відкидає потребу у застосуванні громіздкого обладнання і спеціальних пристосувань.

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

4. Конструкцією вузла передбачені конструктивні елементи, що полегшують складання і взаємне розташування деталей виробу, як-от фаски на зовнішніх і внутрішніх кутах деталей, і галтелі, що знижують концентрацію напружень у небезпечних перерізах.

Виходячи з огляду вищенаведених ознак, можна зробити висновок про переважну відповідність конструкції вузла «Редуктор конічний» вимогам технологічності виготовлення та складання за умов серійного виробництва. Як відомо, якість поверхонь будь-якої деталі зумовлює значний вплив на вартість заготовки, подальшої механічної обробки та величину браку. Залежність між величиною собівартості і якістю близька до оберненої пропорції. З огляду на це слід було б заради здешевлення продукції знижувати точність, однак при цьому слід враховувати умови експлуатації, якісні показники машин, які визначаються, у свою чергу, якраз точністю виготовлення складових частин. Особливо велика роль показників точності у пов'язанні взаємозамінності, що є основою сучасного конструювання, та експлуатаційної надійності, що між собою тісно пов'язані. Зважаючи на це, слід детально проаналізувати технологічні якості деталей і у випадку невідповідності певним вимогам за змогою, пропонувати досконаліші рішення. Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з/п	Показники вимог до технологічності	Висновки за показниками	Зауваження з поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують надійне і стійке закріплення заготовки, вільну обробку інструментом	Базы деталі задовольняють дію вимогу, закриті поверхні відсутні, точних отворів немає	Відсутні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

19

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Достатня жорсткість деталі для використання прогресивних інструментів і ефективних режимів різання	Деталь порожнисту, відносно коротку форму, що не обмежує режими обробки	Відсутні
3	Придатність конструкції деталі для використання простих затискових пристосувань	Значна номенклатура конструктивних елементів розширює вимоги до конструкції оснащення	Деталь спроектована як поєднання декількох простих
4	Отвори деталі мають допускати обробку на прохід	Єдиний отвір $\varnothing 30H13$ наскрізним	Відсутні
5	Можливість багатошпindelної та багатінструментальної обробки	На токарних та фрезерних операціях можлива багатоінструментальна обробка	Відсутні
6	Бажана відсутність внутрішніх оброблюваних торців	Вісзних елементів немає	Відсутні
7	Конструкція деталі повинна бути зручною для захоплення роботом	Дану мету найкраще задовольняє зовнішня циліндрична поверхня деталі	Відсутні
8	Бажана відсутність конусів і фасок з кутами, відмінними від 45°	Наявні дві внутрішні фаски з кутами 30° , що вимагає верстатів з контурною системою ЧПК	Токарні верстати мають контурну систему ЧПК
9	Небажана наявність отворів глибиною понад $8d$	Глибина наявного у деталі отвору \approx близько $5d$	Відсутні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

20

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10	Необхідна наявність поверхонь для взаємного орієнтування приєднаних деталей при автоматизованому складанні	Наявні західні фаски на торцевих поверхнях	Відсутні

Зробивши огляд знака технологічності деталі, робимо висновок про придатність для умов автоматизованого серійного виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Орієнтуючись на середньосерійний тип виробництва на автоматизованому обладнанні, необхідно виконувати специфічні правила й вимоги, що є характерними для цих умов. Серед них основне значення мають наступні:

1) слід розділяти операції чистової та чорнової обробки задля збереження точності верстатів, що застосовуються на завершальних операціях, і, відповідно, мають високу вартість, а також щоб негативні явища, котрі спостерігаються при чорновій обробці, не впливали на якість чистової;

2) потрібно уніфікувати поверхні та їх елементи, що дає змогу скоротити кількість застосовуваних інструментів, скоротити допоміжний час на зміну інструмента;

3) обробка осьовим інструментом проводиться переважно без кондукторних втулок, тому слід передбачити нормальний вхід і вихід інструмента з оброблюваного отвору, і виключати розточувальні операції довгих отворів, відокремивши їх необроблюваними поверхнями або поверхнями низької точності;

4) проектувати вироби з групуванням оброблюваних поверхонь при мінімальній кількості поворотів (перевстановлень) деталі задля підвищення продуктивності.

З огляду на вказані вимоги базові технологічні процеси недостатньо їх задовольняють, бо розроблені без урахування вимог автоматизації, скорочення штучного часу, застосування прогресивного твердосплавного лезового і абразивного інструменту. До того ж верстати з ЧПК, особливо оброблювальні центри, здатні замінити декілька одиниць універсального обладнання, і, таким чином, вивільнити виробничі площі. На відміну від агрегатних верстатів вони є легкопереналагоджуваними, а тому зручними і вигідними при груповій обробці деталей одного типорозміру чи подібної конструкції. Це особливо відчутно при невеликих програмах випуску, а ця тенденція набуває поширення на теренах всього світу.

Також унаслідок обмеженості числа встановлюваних різців у різцетримачах універсальних верстатів деякі операції мають невелику кількість переходів, тоді як на верстаті з ЧПК їх можна об'єднати в одну. Застосовуючи прогресивне устаткування й різальний інструмент, можна суттєво поліпшити технологію виготовлення.

Виконуючи аналіз технологічного процесу виготовлення деталі «Балнапівмуфта», можна об'єднати операції 020 та 025 в одну, що дасть вигреш у часі від усунення переходу встановлення-зняття. Також заміною, де це доцільно, інструменту зі швидкорізальної сталі на твердосплавний можна скоротити машинний час обробки за рахунок підвищення швидкості різання. Для операції 040 (шпонково-фрезерної) пропонується спеціалізоване двоохвищове затискне пристосування, що скорочує час на затискання/розтискання.

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:

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Приклад, для обробки поверхні – $\varnothing 55d11$. Допуск за кресленником 0,19 мм, допуск заготовки – 2,8 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,8}{0,19} = 14,73.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 14,73}{0,46} \approx 2,5$$

Отже, необхідно передбачити не менше 2 етапів обробки для даної поверхні.

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість за кресленням, Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8g	4	3,2	–	–	–	1	Нарізання різьби	8g	–	–	–
2	13	330	20	–	–	–	1	Зенкерування	13	330	–	–
3	11	160	3,2	2800	16	17,5	1	Точіння чорнове	13	460	6	17,5
								Точіння напівчистове	11	160	2,88	
4	14	620	12,5	2500	16	4,03	1	Точіння однократне	14	620	4,03	4,03
5	13	390	12,5	2200	16	5,64	1	Точіння однократне	13	390	5,64	5,64
6	6	16	3,2	2800	16	17,5	1	Точіння чорнове	13	460	6	17,5
								Точіння напівчистове	10	120	3,83	
								Шліфування чорнове	7	30	4	
								Шліфування чистове	6	15	1,88	
7	11	160	12,5	2800	16	17,5	1	Точіння чорнове	13	460	6	17,5
								Точіння напівчистове	11	160	2,88	
8	14	620	3,2	2500	16	4,03	1	Точіння однократне	14	620	4,03	4,03
9	14	300	12,5	1250	16	4,17	1	Точіння однократне	14	300	4,17	4,17
10	14	1000	12,5	3600	16	3,6	1	Точіння однократне	14	1000	3,6	3,6
11	14	300	12,5	1250	16	4,17	1	Точіння однократне	14	300	4,17	4,17
12	14	1000	12,5	3600	16	3,6	1	Точіння однократне	14	1000	3,6	3,6
13	11	190	3,2	2800	16	14,7	1	Точіння чорнове	13	460	6	17,5
								Точіння напівчистове	11	190	2,42	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	11	190	3,2	2800	16	14,7	1	Точіння чорнове	13	460	6	17,5
								Точіння напівчистове	11	190	2,42	
15	14	250	12,5	–	–	–	1	Точіння однократне	14	250	–	–
16	14	620	12,5	2800	16	4,52	1	Фрезерування однократне	14	620	4,52	4,52
17	14	870	12,5	3200	16	3,68	1	Точіння однократне	14	870	3,68	3,68
18	9	62	1,6	–	–	–	1	Фрезерування чорнове	10	160	–	–
								Шліфування чорнове	9	62	–	

Загальний висновок: при виборі методів обробки кожної поверхні деталі, будемо керуватися показниками собівартості обробки та збільшенням якості оброблених поверхонь.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі – це послідовність технологічних операцій, які потрібно виконати для виготовлення деталі. Він включає в себе кілька етапів, таких як: підготовка матеріалу (вибір і підготовка заготовки); обробка на верстаку (фрезерування, токарна обробка, свердління тощо); контроль якості (перевірка відповідності розмірів та характеристик); термічна обробка (якщо необхідно, для поліпшення механічних властивостей); фінішна обробка (шліфування, полірування або покриття); складання, якщо треба (з'єднання з іншими деталями); фінальна перевірка (остаточний контроль якості).

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

Таблиця 2.3 - Маршрут обробки деталі

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів
005 Заготівельна	Горизонтально-кувалтова машина В113В-1630-2118, пуансон 236-2239 матриці 3220-0468		Штампування на ГKM
010 Термічна	Піч СНЛ 103.01/16М1 4644-1020	—	Провести нормалізацію $t^{\circ}=840..870^{\circ}\text{C}$, охолодити на повітрі. Швидкість нагрівання $80..100^{\circ}\text{C}/\text{год}$, витримка 10..15 хв
015 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальна МР-71		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати тарці, витримуючи розмір 2. 2. Центрувати деталь з двох сторін, витримуючи розміри 1, 2.
020 Токарна з ЧПК	Токарний папіртовик з ЧПК 16Б16Т1 Центр 7162-0062 Центр А-1-2-Н		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Точити поверхні, витримуючи розміри 12, 13, 16 (до $\phi 57_{-0.46}$) начорно. 2. Точити поверхню, витримуючи розміри 12, 13, 16 начисто. Точити фаску, витримуючи розмір 15. 3. Точити поверхні, витримуючи розміри 1, 4 (до $158\pm 0,8$), 5 (до $\phi 513_{-0.46}$), 6 (до $18\pm 0,35$), 7 (до $\phi 513_{-0.46}$), 8 (до $\phi 4_{-0.15}$), 11 (до $121\pm 0,8$), 12, 14 (до $\phi 67_{-0.46}$) начорно. 4. Дрїзати тарці, витримуючи розміри 4, 6, 11. 5. Точити проточку, витримуючи розміри 1, 22..26. 6. Точити канавку, витримуючи розміри 11, 17..31. 7. Точити канавку, витримуючи розміри 12, 17..21. 8. Точити поверхні, витримуючи розміри 2..11, 14 начисто.
025 Зубо-фрезерна	Зубофрезерний напівавтомат 53А80 Пристосування 5088-6527		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати 12 зубців, витримуючи розміри 1..5.
030 Шлице-фрезерна	Зубофрезерний напівавтомат 5К301П Пристосування 5078-4430		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати 18 шлиців, витримуючи розміри 1..3.

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

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

26

Продовження таблиці 2.3

Номер і назва операції	Найменування і модель верстака пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів
035 Шпокова-фрезерна	Шпокова-фрезерний пристосування 692D	5	Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 1...3.
040 Різьбонарізна	Різьбонарізний напівавтомат 5993П Патрон 7108-0021 Хочітик 7107-0042 Центр 7032-0024 Міроз 3 ПТ Центр А 1-2-Н	3	Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Нарізати різьбду, витримуючи розміри 1, 2.
045 Термічна	Установка СВЧ 4250-0036 Індуктор 4611-8920		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Гартувати 12 зубців згідно ескізу.
050 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30 Патрон 7102-0066 Люнет 6046-0033		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 15^{+0,27}$), 4 (до $4,5 \pm 0,5$). 2. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2, 4 (до $4,1 \pm 0,5$). 3. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 15^{+0,27}$), 4 (до $9,0 \pm 0,7$). 4. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2, 4. 5. Точити фаску, витримуючи розміри 1, 3.
055 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30 Патрон 7102-0066 Люнет 6046-0042		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 14^{+0,27}$), 4 (до $4,2 \pm 0,5$). 2. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 18^{+0,33}$), 4 (до $4,2 \pm 0,5$). 3. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 14^{+0,27}$), 4. 4. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 28^{+0,33}$), 4 (до $8,7 \pm 0,7$). 5. Зенкерувати отвір, витримуючи розміри 2, 4. 6. Точити фаску, витримуючи розміри 1, 3.
045 Термічна	Установка СВЧ 4250-0036 Індуктор 4611-8920		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Гартувати 12 зубців згідно ескізу.

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

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

27

Продовження таблиці 2.3

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установив
050 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30 Патрон 7102-0066 Центр 6046-0033		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 15^{+0,27}$), 4 (до $4,5 \pm 0,5$). 2. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2, 4 (до $4,1 \pm 0,5$). 3. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 15^{+0,27}$), 4 (до $9,0 \pm 0,7$). 4. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2, 4. 5. Точити фаску, витримуючи розміри 1, 3.
056 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30 Патрон 7102-0066 Центр 6046-0042		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 14^{+0,27}$), 4 (до $4,2 \pm 0,5$). 2. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 28^{+0,33}$), 4 (до $4,2 \pm 0,5$). 3. Свердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 14^{+0,27}$), 4. 4. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 2 (до $\phi 28^{+0,33}$), 4 (до $8,7 \pm 0,7$). 5. Загнурити отвір, витримуючи розміри 2, 4. 6. Точити фаску, витримуючи розміри 1, 3.
061 Зубшлифувальна	Зубшлифувальний напідвтомат 51841 Пристосування 5071-5531		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Шліфувати 12 зубців, витримуючи розміри 1, 5.
061 Шліфувальна	Зубшлифувальний 5В832 Пристосування 5090-4127		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Шліфувати 18 шліців, витримуючи розміри 1, 3.
070 Слюсарна	Слюсарний верстак 7502-1330 Ручна шліфмашина РШМ-150 6102-4570		1. Зачистити задирки. 2. Заправити шліпки різьби.
075 Шліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний напідвтомат з ЧПК 3М151Ф2 Патрон 7108-0021 Хомітик 7107-0069 Центр 7032-0032		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Шліфувати ступінь, витримуючи розміри 1 (до $\phi 50,09_{-0,03}$), 2, 3 попередньо. 2. Шліфувати ступінь, витримуючи розміри 1, 2, 3 начисто.
080 Промивання	Мийна машина МП-200 4223-1402		Мити деталі у розчині кальцінованої соди за $t = 70^\circ\text{C}$. Промити у воді.
085 Контрольна	Плита 3-0-630-400 6524-0543		Контролювати деталі відповідно до креслення.

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

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

28

2.5 Призначення схем базування

Правильний вибір методів базування, тобто орієнтування заготовки відносно системи «верстат-притосування-інструмент» найбільшою мірою визначає фактичну точність виконання розмірів, точність взаємного розташування поверхонь, ступінь складності притосувань і різального інструменту, величину придатності обробного устаткування до якісного виконання певної операції.

На практиці часто визначають метод базування за типовими рекомендаціями, наведеними у довідниках з обробки різанням, а також маршрутами обробки подібних деталей. Це значно полегшує підбір оснащення до верстатів, і визначає переважний метод обробки. У будь-якому випадку прагнуть використати такий метод базування, який би давав найменшу похибку, а також не вимагав би унікальних притосувань. Також деталь повинна мати мінімальну кількість перевстановлень і найменшу кількість різних баз. Суттєво впливає на вибір тієї чи іншої поверхні як бази і її стан на даному етапі обробки, особливо після заготівельних операцій. Так, чорнова база не повинна мати грубих дефектів, випорів, ливників, забоїв, задирок тощо. База має забезпечувати зручне, стійке та надійне встановлення і закріплення заготовки. При цьому слід прагнути до об'єднання конструкторської, технологічної та виміральної баз, або, інакше кажучи, дотримуватись принципу єдності баз. Обираємо технологічні бази для кожної технологічної бази (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Схеми базування при обробці деталі

<i>Номер і назва операції</i>	<i>Схема базування</i>	<i>Примітки</i>
<i>015 Фрезерно-центрувальна</i>		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

29

Продовження таблиці 2.4

Номер і назва операції	Схема базування	Примітки
020 Токарні з ЧПК		
025 Зубофрезерна		
030 Шлицефрезерна		
035 Шпанково- фрезерний		
040 Різьбонарізна		
050 Токарно- револьверна		
055 Токарно- револьверна		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

30

4. При базуванні повинна допускатися можливість обробки з однієї установки якомога більшої кількості поверхонь.

Слід чітко відокремити чорнову та чистову бази, щоб звести нанівець місцеві відхилення форми й розташування поверхонь, властиві чорновій базі, і забезпечити найбільшу точність обробки і контролю від чистової бази.

Найраціональніший вибір схем базування підвищує якість обробки, робить машинобудівне виробництво економічнішим і має велике значення на етапі проектування технологічного процесу механічної обробки.

2.6 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 проводиться для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 50h6(-0,016)$ мм.

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

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

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

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

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

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ				32

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

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

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.5.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_{\text{з}} - \delta_{\text{д}}; \quad (2.5)$$

$$6704 - 3920 = 2800 - 16;$$

$$2784 = 2784.$$

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 50h6_{(-0,016)}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d , мкм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	h	Δ	ϵ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Штампуння	200	250	940	–	–	55,5	2800	54,5	57,3	–	–
Точіння чорнове	50	50	55	700	3244	51,30	460	50,84	51,3	3244	5584
Точіння напівчистове	25	25	2	115	456	50,37	120	50,25	50,37	456	796
Шліфування попереднє	10	20	0	30	160	50,09	30	50,06	50,09	160	250
Шліфування чистове	–	–	–	0	60	50	16	49,984	50,0	60	74
								Σ		3920	6704

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

33

Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені валу $\varnothing 50h6(-0,016)$

На решку поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Припуски на механічно оброблені поверхні деталі

Номер поверхні	Найменування поверхні	Назва переходу	Припуск на сторону Z, мм
1	2	3	4
1	Різьба M42×1,5-7H	Точіння чорнове	5,75
		Точіння напівчистове	1,04
		Нарізання різьби	0,92

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

Аркуш

34

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
2	Отвір $\varnothing 30^{+0,33}$	Свердління/розсвердлювання/ зенкерування	7,5/6,5/1
3	Циліндрична $\varnothing 49,5_{-0,16}$	Точіння чорнове	2,1
		Точіння напівчистове	0,9
4	Торець	Точіння однократне	1
5	Проточка $\varnothing 39,8_{-0,39}$	Точіння однократне	2,1
6	Циліндрична $\varnothing 50,3_{-0,16}$	Точіння чорнове	2,1
		Точіння напівчистове	0,47
		Шліфування чорнове	0,14
		Шліфування чистове	0,05
7	Канавка $\varnothing 49,5_{-0,16}$	Точіння чорнове	2,1
		Точіння напівчистове	0,9
8	Торець	Точіння однократне	2
9	Торець	Точіння однократне	2
10	Торець	Точіння однократне	2
11	Торець	Точіння однократне	2
12	Торець	Точіння однократне	2
13	Циліндрична $\varnothing 65_{-0,16}^{+0,16}$	Точіння чорнове	1,75
		Точіння напівчистове	1
14	Циліндрична $\varnothing 55_{-0,16}^{+0,10}$	Точіння чорнове	1,75
		Точіння напівчистове	1
15	Канавка $b=1,5$	Точіння однократне	1,5
16	Паз $b=8$	Фрезерування однократне	4
17	Циліндрична $\varnothing 109_{-0,87}$	Точіння однократне	2
18	Евольвентна $50 \times 2,5$	Фрезерування чорнове	2,5
		Шліфування чорнове	0,15

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1) Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (035 шпонково-фрезерна) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].
Складальний креслений пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1, 2 – корпус; 3 – втулка перехідна; 4 – болт; 5-9 – гвинт; 10, 11 – палець; 12 – плита; 13 – притискач; 14, 15 – призма; 16 – шайба; 17 – шпонка; 18, 19 – штифт.

Розроблене пристосування являє собою двоопозиційний верстатний пристрій, призначений для обробки інструментом, що обертається, поверхонь у деталях типу

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

ступінчастих валів або втулок невеликих розмірів. Складається воно із механізованої плити 12 із комплекту збірно-розбірних пристосувань, що має чотири пневмоциліндри, робота яких не залежить один від одного. На плиті розміщені несучі корпусні елементи 1 та 2, до яких прикріплені опорні призми 14 і 15 відповідно, на які встановлюють деталь. Остання притискається у верхній частині притискачем 13 з призматичною робочою поверхнею. Він має два відкидні болти, що угвинчуються у різьбові отвори пневмоциліндрів плити. Угвинчуванням на різну глибину можна у невеликих межах змінювати висоту притискача, тим самим підлаштовуючись під різні діаметри оброблюваних заготовок.

Плита 12 базується на верстаті через центральний отвір і дві прямокутні шпонки 17, що входять у відповідні Г-подібні пази столу верстата. Закріплення пристосування виконується за допомогою двох болтів 7002-2522 через проушини плити 12.

Силові пневмоциліндри двосторонньої дії працюють штоковою порожниною. Зміною конструкції притискних і опорних частин пристосування можна зоробляти деталі різної конфігурації, тобто воно є універсальним.

3.2 Розрахунок зусиль затиску та параметрів силового приведу

Складемо схему сил, що діють на заготовку і визначимо необхідну і достатню силу затиску. Розрахункова схема прикладених до заготовки сил зображена на рисунку 3.2 [7, 28, 12, 36, 38, 39].

При фрезеруванні паза на заготовку діє сила різання P , яка є геометричною сумою колової P_z , радіальної P_y та осьової P_x сил. При цьому для визначення реакцій, що виникають у місцях контакту «деталь-пристосування» колову та радіальну сили зручно розкласти на сили P_v та P_h , що діють відповідно унаперек та уздовж паза, що фрезерується (або осі деталі).

Розглянемо, як кожна з цих сил діє на заготовку і які сили потрібно прикласти, щоб забезпечити нерухоме положення останньої, досягнуте базуванням.

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема сил, що діють на заготовку

Сила P_x притискає заготовку до опорних поверхонь призми, причому точка її прикладання не виходить за межі ділянок контакту двох нижніх призми, тобто перекидного моменту від неї не виникає. Сила P_v намагається повернути заготовку відносно власної осі, а сила P_h – зсунути її у поздовжньому напрямі. Цим діям перешкоджають реакції F'_{1r} та аналогічні ним F'_{2r} й F'_r , що утворюють відповідно результуючі сили W'_2 й W ; а також F_{1h} , F_{2h} та F_h . Результуючою силою затиску є сила W , яку нам потрібно визначити. При розрахунках враховуватимемо, що подвійні кути нижніх призми складають 90° , верхньої – 140° .

Складемо рівняння рівноваги заготовки у двох проєкціях:

$$1. P_v \cdot (r_1 - t) = 2 \cdot F'_{1r} \cdot f \cdot r_1 + 2 \cdot F'_{2r} \cdot f \cdot r_2 + 2 \cdot F'_r \cdot f \cdot r;$$

$$P_v \cdot (r_1 - t) = 2 \cdot (P_x + W) \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot W \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin \alpha_2 + 2 \cdot W \cdot f \cdot r \cdot \sin \alpha;$$

$$P_v \cdot (r_1 - t) = 2 \cdot (P_x + 0,5 \cdot W) \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot 0,5 \cdot W \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin \alpha_2 + 2 \cdot W \cdot f \cdot r \cdot \sin \alpha;$$

$$P_v \cdot (r_1 - t) = 2 \cdot P_x \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1 + W \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1 + W \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin \alpha_2 + 2 \cdot W \cdot f \cdot r \cdot \sin \alpha;$$

$$P_v \cdot (r_1 - t) = 2 \cdot P_x \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1 + W \cdot f \cdot (r_1 \cdot \sin \alpha_1 + r_2 \cdot \sin \alpha_2 + r \cdot \sin \alpha);$$

$$W = \frac{P_v \cdot (r_1 - t) - 2 \cdot P_x \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1}{f \cdot (r_1 \cdot \sin \alpha_1 + r_2 \cdot \sin \alpha_2 + r \cdot \sin \alpha)} \quad (3.1)$$

$$2. P_h = F_{1h} + F_{2h} + F_h;$$

$$P_h = 2 \cdot F'_{1r} \cdot f + 2 \cdot F'_{2r} \cdot f + 2 \cdot F'_r \cdot f;$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$P_h = 2 \cdot (P_x + W_1) \cdot f \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot W_2 \cdot f \cdot \sin \alpha_2 + 2 \cdot W \cdot f \cdot \sin \alpha;$$

$$P_h = 2 \cdot (P_x + 0,5 \cdot W) \cdot f \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot 0,5 \cdot W \cdot f \cdot \sin \alpha_2 + 2 \cdot W \cdot f \cdot \sin \alpha;$$

$$P_h = 2 \cdot P_x \cdot f \cdot \sin \alpha_1 + W \cdot f \cdot \sin \alpha_1 + W \cdot f \cdot \sin \alpha_2 + 2 \cdot W \cdot f \cdot \sin \alpha;$$

$$P_h = 2 \cdot P_x \cdot f \cdot \sin \alpha_1 + W \cdot f \cdot (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 + \sin \alpha);$$

$$W = \frac{P_h - 2 \cdot P_x \cdot f \cdot \sin \alpha_1}{f \cdot (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 + \sin \alpha)} \quad (3.2)$$

Остаточно маємо:

$$W = \frac{P_v \cdot (r_1 - r_2) - 2 \cdot P_x \cdot f \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_1}{f \cdot (r_1 \cdot \sin \alpha_1 + r_2 \cdot \sin \alpha_2 + r \cdot \sin \alpha)} + \frac{P_h - 2 \cdot P_x \cdot f \cdot \sin \alpha_1}{f \cdot (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 + \sin \alpha)}; \quad (3.3)$$

Ця формула для загального випадку закріплення заготовки пристосуванням із даною розрахунковою схемою. Спростимо її для нашого варіанту:

$$W = \frac{P_v \cdot 17 - P_x \cdot f \cdot 29,59}{f \cdot 61,33} + \frac{P_h - P_x \cdot f \cdot 1,41}{f \cdot 2,35}; \quad (3.4)$$

Значення коефіцієнта тертя f для контакту сталеї пари «сталь-сталь» становить 0,18. Тоді маємо:

$$W = 1,54 \cdot P_v - 1,08 \cdot P_x + 2,36 \cdot P_h \quad (3.5)$$

Відомо, що $P_v = 0,9 \cdot P_z$; $P_x = 0,25 \cdot P_z$; $P_h = 0,35 \cdot P_z$.

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^z \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де $t = 4,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,021$ мм/зуб – подача;

$B = 8$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$D = 8$ мм – діаметр фрези;

$n = 4000$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

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

$C_p = 12,5$; $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 1,0$; $q = 0,73$; $w = -0,13$; $K_p = 0,94$ – коефіцієнт

та показники степеню.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 4,0^{0,85} \cdot 0,021^{0,72} \cdot 8^{1,0} \cdot 2}{8^{0,73} \cdot 4000^{-0,13}} \cdot 0,94 = 217 \text{ (Н)}.$$

Величини цих сил для нашого випадку:

$$P_v = 0,8 \cdot 217 = 195 \text{ (Н)}; P_x = 0,25 \cdot 217 = 54 \text{ (Н)}; P_h = 0,35 \cdot 217 = 76 \text{ (Н)}.$$

Підставивши ці числа у формулу (3.5), отримаємо значення сили затиску:

$$W = 1,54 \cdot 195 - 1,03 \cdot 54 + 2,36 \cdot 76 = 421 \text{ (Н)}.$$

Це теоретична величина, яка підлягає збільшенню на величину коефіцієнту K, котра становить:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.7)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях;

$K_2 = 1,7$ – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання унаслідок затуплення різального інструмента;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перерізному різанні;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення у затискному механізмі;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних механізмів;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховується лише за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, встановлену на плоскі опори.

Маємо:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,67.$$

Розрахункове значення сили затиску:

$$W_p = K \cdot W; \quad (3.8)$$

$$W_p = 3,67 \cdot 421 = 1545 \text{ (Н)}$$

Оскільки конструкцією пристрою передбачене передавання сили затиску двома відкидними болтами, кожен з яких приєднаний до штока пневмоциліндру, то сила розтягання у кожному зі стрижнів дорівнюватиме половині сили затиску:

$$F_{\text{розт}} = 0,5 \cdot W. \quad (3.9)$$

$$\text{Тобто } F_{\text{розт}} = 0,5 \cdot 1545 = 773 \text{ (Н)}$$

Метою розрахунку силового приводу є визначення зусилля у привідній ланці механізму за відомою розрахунковою силою затиску і наступне визначення геометричних розмірів механізованого приводу, щонайперше діаметра пневмоциліндру.

Оскільки у кінематичному ланцюгу приводу затискного механізму пристосування відсутні кінематичні пари, що збільшували б чи зменшували зусилля затиску, то сила на штоці пневмоциліндру дорівнює силі розтягу у стрижні, тобто $Q = F_{\text{розт}} = 773 \text{ (Н)}$.

Знаходимо діаметр поршня пневмоциліндру:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \quad (3.10)$$

де D – діаметр поршня, мм;

$d = 25$ – діаметр штока, мм;

$\eta = 0,8$ – ККД пневмоциліндру;

$p = 0,4$ – тиск повітря у пневматичній системі пристрою, МПа.

Таким чином,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 773}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8} + 25^2} = 60 \text{ (мм)}.$$

Із ряду стандартних діаметрів пневматичних циліндрів найближче значення D становить 63 мм.

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			41

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Виконаємо перевірку на міцність різьбової частини відкидного болта притискача (поз. 13). Дана ділянка стрижня є найбільш ослабленою і має концентратор напружень (нарізку). Умова міцності на розтяг має наступний вигляд:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.10)$$

де σ_p ; $[\sigma_p]$ – відповідно розрахункова й допустима напруги розтягу у поперечному перерізі нарізаної частини болта, МПа;

F – розтягувальна сила, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, мм.

У нашому випадку маємо:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 733}{3,14 \cdot 10,1^2} = 9,15 \leq [40] \text{ МПа.}$$

Тому стверджуємо, що міцність болта достатня.

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі, що виготовляється зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015, способи отримання заготовки, вільне кування та гаряче об'ємне штампування [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

$$C_K = 0,001 \cdot (C_{\text{бк}} \cdot G_K \cdot K_{\text{ТК}} \cdot K_{\text{СК}} \cdot K_{\text{МК}} \cdot K_{\text{ПК}} \cdot K_{\text{ВК}} - (G_K - G_g) \cdot C_{\text{ВХ}}) \quad (4.1)$$

де $C_{\text{бк}}$ – базова ціна однієї тони матеріалу, грн;

G_g – маса деталі, кг, $G_g = 2,13$ кг;

G_K – маса кованки, кг,

$$G_{K(\text{кув-я})} = \frac{2,18}{0,6} = 3,63 \text{ (кг);}$$

$$G_{K(\text{штам-я})} = \frac{2,18}{0,45} = 4,84 \text{ (кг).}$$

$K_{\text{ТК}}$, $K_{\text{СК}}$, $K_{\text{МК}}$, $K_{\text{ПК}}$, $K_{\text{ВК}}$ – коефіцієнти відносно точності розмірів, конструктивності та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувалального обладнання;

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

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

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			43

Знаходимо для заготовки деталі вал:

- ступінь складності С3;
- група сталі М2;
- клас точності Т4;
- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів для двох випадків:

$$1) K_{TK}=1,23; K_{СК}=1,27; K_{ВК}=1,0; K_{ПК}=1,27; K_{МК}=1,15.$$

$$2) K_{TK}=1,15; K_{СК}=1,11; K_{ВК}=1,0; K_{ПК}=1,13; K_{МК}=1,0.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тонни сталі 45 – 45000 грн. за тону, оптову ціну відходів сталі 45 – 8000 грн.

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

$$C_{В.КВВ} = 0,001(45000 \cdot 3,63 \cdot 1,23 \cdot 1,27 \cdot 1,0 \cdot 1,27 \cdot 1,15 - (3,63 - 2,18) \cdot 8000) = 361,1 \text{ грн.}$$

$$C_{ШТ} = 0,001(45000 \cdot 4,84 \cdot 1,15 \cdot 1,11 \cdot 1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 - (4,84 - 2,18) \cdot 8000) = 292,9 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням річної програми випуску:

$$E = (361,1 - 292,9) \cdot 1000 = 68200 \text{ (грн.)}$$

Висновок: як видно із розрахунків ціна кованок, отриманих вільним куванням, вища за ціну штампованих кованок.

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			44

4.2 Інженерний розрахунок штучного освітлення

Штучне освітлення формується у люксах залежно від категорії робіт за зоровою точністю і визначає мінімальну освітленість робочої поверхні. Воно призначене для освітлення робочих поверхонь у темний час доби або при недостатньому рівні їх освітленості. Розрізняють проектування такого освітлення двох видів: загального та місцевого [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Загальне призначається для освітлення усього цеху в цілому, а місцеве використовується для освітлення конкретного робочого місця, умови роботи на якому не задовольняє загальне освітлення в цеху.

Розрахунок штучного освітлення можна виконувати трьома методами.

1. Метод коефіцієнта використання світлового потоку застосовують при розрахунках загального рівномірного освітлення горизонтальної поверхні в закритих приміщеннях.

2. Точковий метод використовують під час перевірки розрахунків освітлення, а також при прямих розрахунках:

- загального локалізованого освітлення;
- місцевого освітлення;
- освітлення негоризонтальних площин;
- зовнішнього освітлення (вулиць, площ, відкритих просторів).

3. Розрахунок освітлення за питомою потужністю застосовують при визначеннях загального рівномірного освітлення закритих приміщень.

4. Розрахунок освітлення за прямими нормативами застосовується для приміщень, де встановлюється один світильник. Це властиве підсобним комірним приміщенням, вбиральням, тамбурам.

5. Розрахунок освітлення від світної лінії застосовують для витягнутих вузьких приміщень, наприклад, коридорів, галерей, складів-штабелів, де встановлюються світильники або окремі люмінесцентні лампи, якщо їх довжина більше половини розрахункової висоти.

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			45

Оскільки нашим завданням є розрахунок місцевого освітлення робочої зони верстата, то нам слід керуватися другим методом.

Точковий метод враховує лише освітленість від світлового потоку, що безпосередньо потрапляє від світильника в розрахункову точку.

Освітленість горизонтальної поверхні розраховується як:

$$E_r = \frac{I_0}{k \cdot H^2} \cdot \cos^3 \alpha, \quad (4.2)$$

де I_0 – сила світла в напрямку розрахункової точки, що освітлюється, кд (визначається за спеціальними графіками довідникової літератури);

α – кут між напрямом сили світла в розрахункову точку і віссю симетрії світильника, град

k – коефіцієнт, що враховує зниження світловіддачі світильника унаслідок можливого запилення останнього та зниження світлового потоку ламп наприкінці їх строку служби;

H – розрахункова висота розташування світильника.

При прямих розрахунках точковим методом визначають кількість світильників і розміщують їх на плані приміщення, потім знаходять точку з найменшою освітленістю для світильника з умовною лампою 1000 лм і визначають розрахунковий потік. Оскільки для місцевого освітлення застосовується один світильник, то формула набуде спрощеного вигляду:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E \cdot k \cdot H_p^2}{(I_\alpha)_{1000} \cdot \cos^3 \alpha} \quad (4.3)$$

де E – нормована освітленість, лк;

$(I_\alpha)_{1000}$ – сила світла для світильника з умовною лампою 1000 лм.

Решта множників такі ж самі, як і в попередній формулі.

Прийmemo $E = 150$ лк; $k = 1,2$; $H_p = 0,5$; $\alpha = \arctg \left(\frac{d}{H_p} \right)$,

де d – відстань від розрахункової точки до проекції осі симетрії світильника на площину, яка їй перпендикулярна і проходить через розрахункову точку; прийmemo

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			46

$d = 0,3 \text{ м.}$

Тоді $\alpha = \arctg\left(\frac{0,3}{0,5}\right) \approx 31^\circ;$

$(I_\alpha)_{1000} = 177 \text{ кд.}$

Таким чином, маємо:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,2 \cdot 0,5^2}{177 \cdot \cos 31^\circ} = 403,7 \text{ (лм).}$$

Враховуючи те, що світильник, в якому розміщена лампа, має коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,82$, необхідний світловий потік лампи складе:

$$\Phi_{\text{лам}} = \frac{\Phi}{\eta_{\text{св}}}; \quad (4.4)$$

$$\Phi_{\text{лам}} = \frac{403,7}{0,82} = 492,3 \text{ (лм).}$$

Оскільки металорізальне обладнання має оголені металеві частини і при цьому передбачає контакт персоналу з його конструкціями без засобів індивідуального захисту рук і від дії електричного струму, то в такому разі згідно правил улаштування електроустановок (ПУЕ) має застосовуватись низька напруга (до 42 В). У переважній більшості верстатів для кіл електричного керування і мережі місцевого освітлення застосовується напруга 36 В.

Тому серед джерел електричного світла, розрахованих для роботи з такою напругою, виберемо лампи розжарювання для світильників місцевого освітлення.

Для розрахованого значення $\Phi_{\text{лам}}$ найближчі світлотехнічні показники має лампа МО-36-40 ($U = 36 \text{ В}$, $P = 40 \text{ Вт}$) зі світловим потоком $\Phi = 500 \text{ лм}$.

Оскільки $500 \text{ лм} > 492,3 \text{ лм}$, то вибраної лампи цілком достатньо для забезпечення рівня освітленості робочої зони верстата.

4.3 Екологічні аспекти недостатнього та надлишкового зрошення

Екологічні аспекти надлишкового та недостатнього зрошення сільськогосподарських угідь мають значний вплив на довкілля. Розглянемо кожен із цих випадків докладніше.

Надмірне зрошення:

- 1) ґрунтова ерозія (надмірне зволоження ґрунту може призвести до його розмиву, зниження родючості та утворення ярів);
- 2) солоність ґрунту (надмірне зрошення може призвести до накопичення солей у верхніх шарах ґрунту, що погіршує умови для росту рослин);
- 3) забруднення водойм (стікання із полів, зрошуваних надмірно, може містити добрива та пестициди, що призводить до евтрофікації водойм);
- 4) втрата біорізноманіття (надмірне зрошення може руйнувати природні екосистеми, знищуючи місце проживання диких тварин і рослин);
- 5) зміна рівня ґрунтових вод (надмірне зрошення може підвищити рівень ґрунтових вод, що може призвести до заболочування територій).

Недостатнє зрошення:

- 1) нестача вологи (нестача води призводить до зниження врожайності та якості сільськогосподарських культур);
- 2) збільшення деградації ґрунту (через нестачу вологи ґрунт стає більш сприйнятливим до ерозії та деградації);
- 3) загроза продовольчої безпеки (зниження врожайності може призвести до нестачі продуктів харчування та підвищення цін);
- 4) зниження біорізноманіття (рослини, які стримують достатньої кількості води, можуть вимирати, що позначається на екосистемах);
- 5) пересихання водойм (нестача води може призвести до пересихання річок та озер, що негативно позначається на водних екосистемах).

Отже, для мінімізації негативного впливу зрошення на довкілля необхідно застосовувати стійкі методи управління водними ресурсами, такі як краплинне

						КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			48

зрошення, моніторинг стану ґрунту та рослин, а також використання методів збереження вологи. Ці заходи допоможуть збалансувати потреби сільського господарства та захист екосистем.

Полтавський державний аграрний університет

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення редуктора конічного. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу-напівмуфти. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відкрито на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу-напівмуфти. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 50h6$ розрахунково-аналітичним та табличним методами.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час фрезерної обробки деталі. Визначено зусилля затиску. Розраховано параметри силового приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготовельними технологіями для програми випуску 1000 шт. склав 68200 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки освітлення виробничого приміщення точковим методом. Приділено увагу екологічним аспектам надмірного та недостатнього зрошення сільськогосподарських площ.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик редуктора конічного, кресленик валу-напівмуфти, кресленик заготовки валу-напівмуфти, складальний кресленик затискного пристосування для виконання фрезерної операції механічної обробки.

					КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Акімов І.В., Плескач В.М. Прейскурант для техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальної технології виробництва заготовок при виконанні розрахунково-графічних та контрольних завдань з дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗНТУ. 2019. 18 с.
2. Березуцький В.В. Основи охорони праці: навч. посіб. Харків: Факт, 2005. 480 с.
3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Львів: Світ, 2001. 456 с.
4. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
5. Бейчик І.М. Економіка підприємства. Київ: Каравела, Львів: «Новий світ-2001», 2001. 298 с.
6. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. 448 с.
7. Буц Б.Д., Приходько В.С., 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_41.06.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							51

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

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

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

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

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

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

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

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

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

21. 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.

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						52

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

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.

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ				53

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: Інтерграфіка, 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: Інтерграфіка, 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: Інтерграфіка, 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.

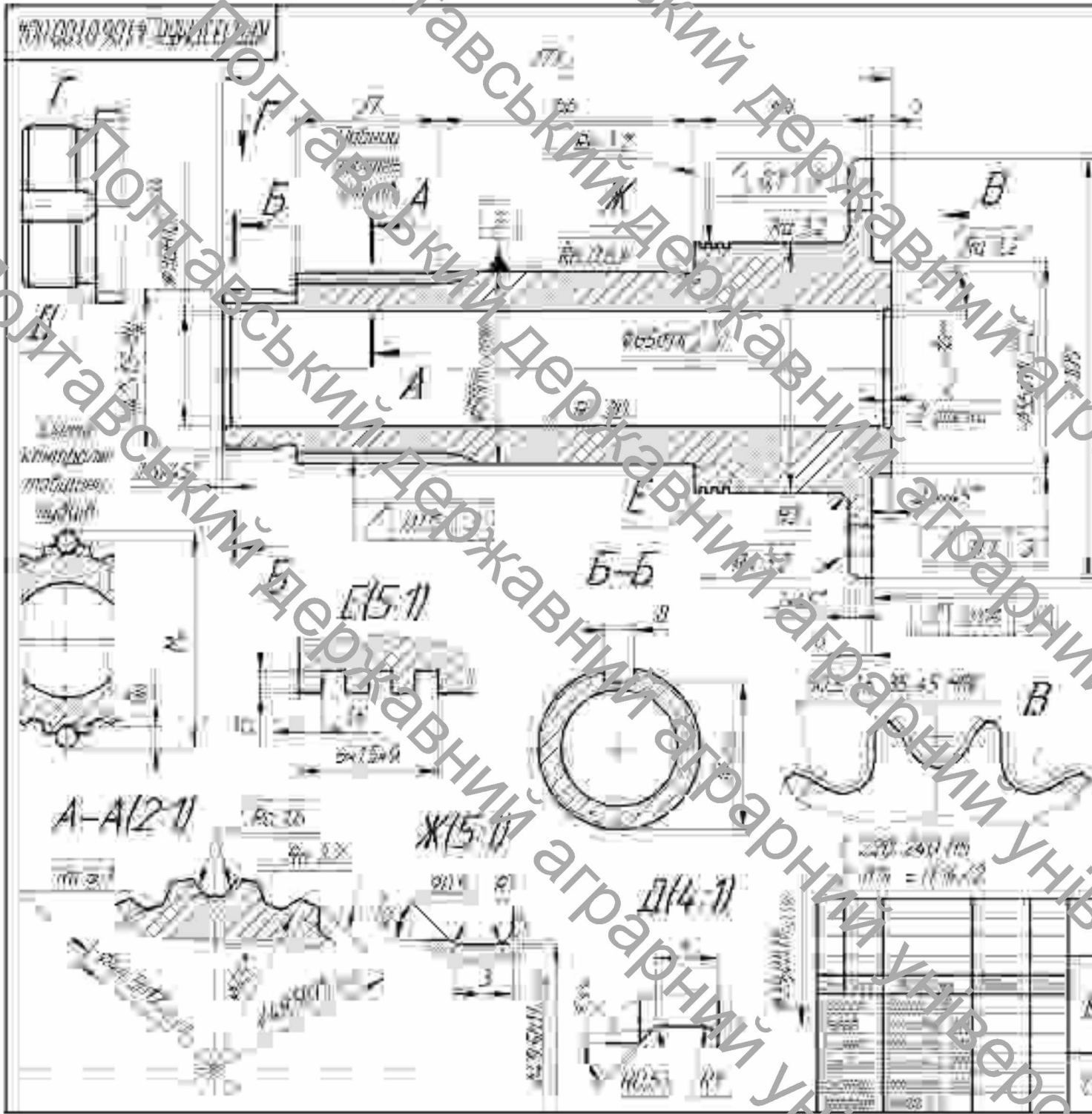
										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						54

КРБ.133ГМбд_41.06.00.00.000 ПЗ

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.



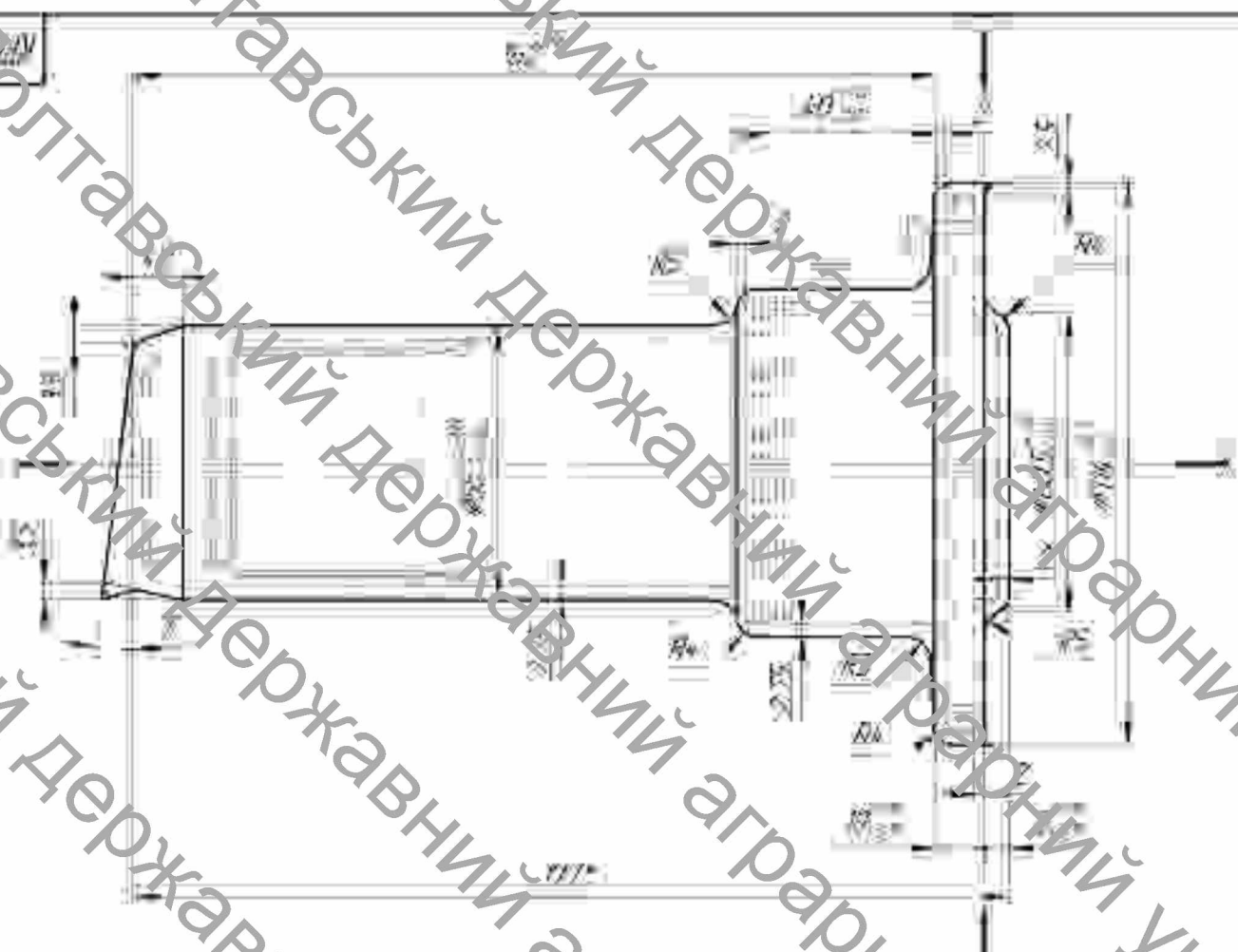
№ п/п	Наименование	Единица	Количество
1	Сопло	шт	1
2	Втулка	шт	1
3	Шпindel	шт	1
4	Пружина	шт	1
5	Шайба	шт	1
6	Гайка	шт	1
7	Шпindel	шт	1
8	Пружина	шт	1
9	Шайба	шт	1
10	Гайка	шт	1
11	Шпindel	шт	1
12	Пружина	шт	1
13	Шайба	шт	1
14	Гайка	шт	1
15	Шпindel	шт	1
16	Пружина	шт	1
17	Шайба	шт	1
18	Гайка	шт	1
19	Шпindel	шт	1
20	Пружина	шт	1
21	Шайба	шт	1
22	Гайка	шт	1
23	Шпindel	шт	1
24	Пружина	шт	1
25	Шайба	шт	1
26	Гайка	шт	1
27	Шпindel	шт	1
28	Пружина	шт	1
29	Шайба	шт	1
30	Гайка	шт	1

№ п/п	Наименование	Единица	Количество
31	Шпindel	шт	1
32	Пружина	шт	1
33	Шайба	шт	1
34	Гайка	шт	1
35	Шпindel	шт	1
36	Пружина	шт	1
37	Шайба	шт	1
38	Гайка	шт	1
39	Шпindel	шт	1
40	Пружина	шт	1
41	Шайба	шт	1
42	Гайка	шт	1
43	Шпindel	шт	1
44	Пружина	шт	1
45	Шайба	шт	1
46	Гайка	шт	1
47	Шпindel	шт	1
48	Пружина	шт	1
49	Шайба	шт	1
50	Гайка	шт	1

КРЕДИТНО-ДИПЛОМОВА
ВАЛ-ПАЛІВНИКОВА
 Група № 10.13
 ТИТАЛ 2026 р.

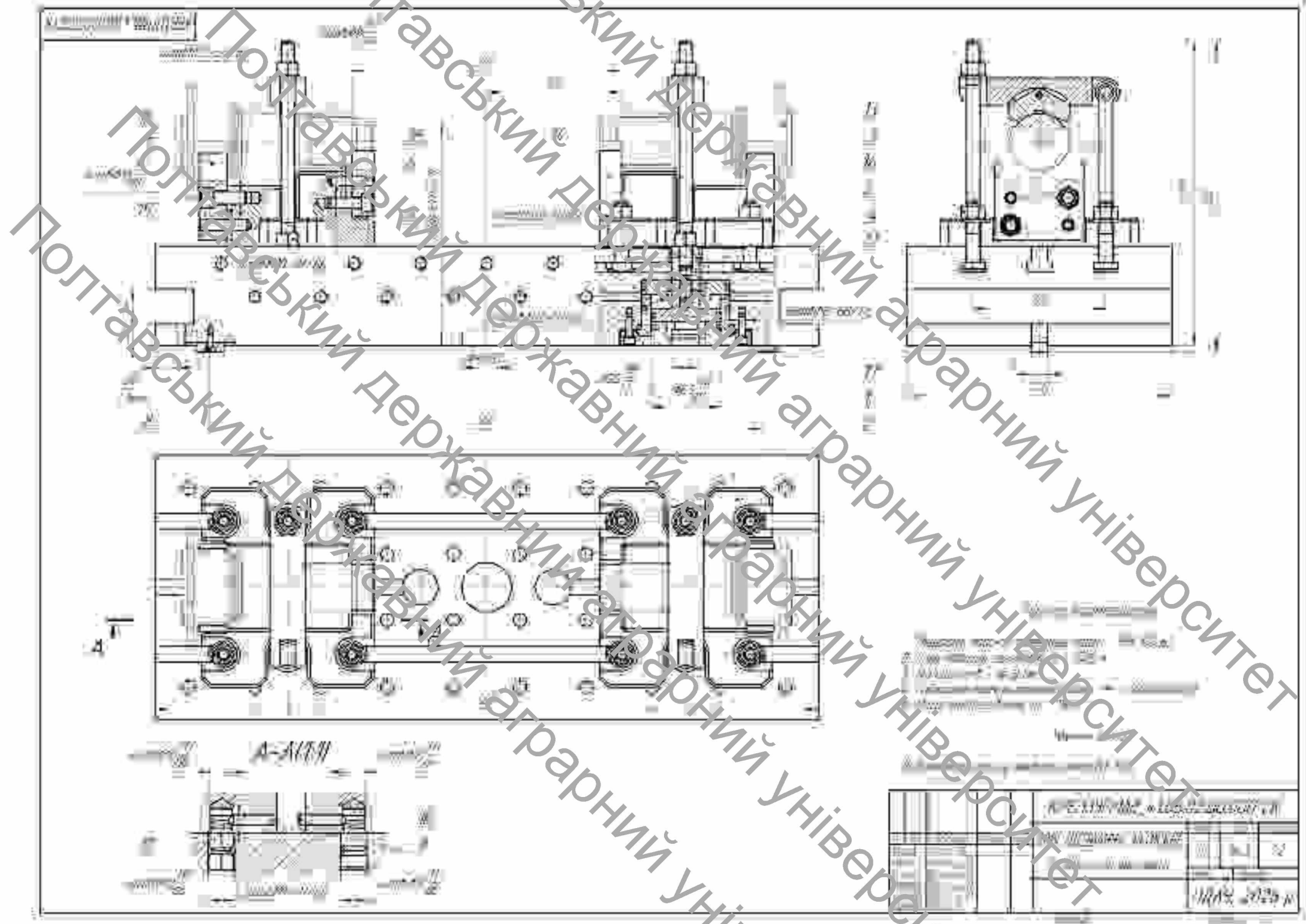
Полтавський державний аграрний університет

$\sqrt{R_2 = 80}$



КРЕДИТНО-МОДУЛЬНА СИСТЕМА НАВЧАННЯ
ДИПЛОМНА РОБОТА
Спеціальність: 2301.01.01 - Інженерія
Факультет: Технічний
Тема роботи: Конструювання механізмів
Виконав: І. І. Іванов

КРЕДИТНО-МОДУЛЬНА СИСТЕМА НАВЧАННЯ		
ДИПЛОМНА РОБОТА		
Спеціальність: 2301.01.01 - Інженерія		
Факультет: Технічний		
Тема роботи: Конструювання механізмів		
Виконав: І. І. Іванов		
№	к-сть	л-ть
1	6-89	17
Сторінка № 1 з 17		
ПЛАТЯ: 2026 р.		



№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100