

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Виготовлення приводного секторного валу
на підставі річної програми випуску»

КРБ.133ГМбд_41.09.00.00.000 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
КУЛАК Віталій

Керівник: докт. техн. наук, професор
ВЛАСОВЕЦЬ Віталій

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Крапельне внесення добрив – це ефективний метод, що дозволяє точно і рівномірно розподіляти поживні речовини рослинами через систему краплинного зрошення. Цей спосіб має кілька переваг. Розглянемо основні.

Економія води. Крапельне зрошення мінімізує випаровування та стік, що особливо важливо в умовах нестачі води.

Цільова доставка поживних речовин. Добрива подаються безпосередньо до коріння рослин, що сприяє кращому засвоєнню.

Зниження ризику захворювань. Зволоження лише кореневої зони зменшує ймовірність грибкових захворювань.

Зручність та ефективність. Легко контролювати кількість та частоту внесення добрив.

При використанні краплинного внесення добрив важливо врахувати:

- концентрацію добрив, щоб уникнути опіків коріння;
- сумісність добрив із системою краплинного зрошення;
- періодичність та дозування внесення залежно від потреб рослин.

Цей метод є особливо ефективним для теплиць, полів з високими врожайностями та в регіонах з обмеженими водними ресурсами.

Отже, системи точної подачі рідких добрив відіграють важливе значення у сільському господарстві, сприяючи підвищенню ефективності врожайності [32].

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною крапельного вловлювача.

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

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 загальне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

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

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Крапельне внесення добрив – це метод добрива рослин, що здійснюється за допомогою крапельного поливу. Цей спосіб дозволяє рівномірно і точно доставляти поживні речовини до коріння рослин, мінімізуючи втрати добрив та знижуючи ризик вимивання в ґрунт.

Основні переваги краплинного внесення добрив:

- економія ресурсів (дозволяє суттєво скоротити витрати води та добрив);
- точне дозування (добрива вносяться у необхідній кількості та у потрібний час);
- зниження ерозії (менше вологи витрачується, що допомагає зберегти структуру ґрунту);
- поліпшення здоров'я рослин (рослини отримують необхідні мікроелементи в оптимальних концентраціях, що сприяє їх росту та розвитку).

Для ефективного краплинного внесення добрив важливо враховувати тип рослин, їх потреби у поживних речовинах та склад ґрунту. Також необхідно регулярно контролювати систему краплинного зрошення для запобігання засмічення та забезпечення рівномірного розподілу води та добрив.

Вловлювач краплинний для порційної подачі рідких добрив, що виноситься на розгляд у роботі зображено на рисунку 1.1.

Основна технічна характеристика вловлювача наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вловлювача

Назва параметра	Величина
Робочий тиск, МПа	0,5
Габаритні розміри, мм	188×214×174
Маса, кг	18

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.1 – Вловлювач

До складу впольовача входять: 1 – рукоятка; 4 – вал секторний; 5 – кришка торцева; 6 – втулка ковзання; 7 – фланець; 8 – напрямна; 9 – рейка; 10 – поршень; 11 – кільце; 12 – проставка; 13 – втулка; 14 – гільза; 15 – кришка верхня; 16 – кришка нижня; 17 – корпус; 18 – пружина; 21 – гайка; 22-29 – гвинт.

Деталлю, що вноситься на детальний розгляд, є вал секторний (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Вал секторний

Матеріалом валу секторного є конструкційна сталь 45. З кроковим двигуном він з'єднується за допомогою шпонкового паза та метричної різьби. У корпусі вал закріплюється за допомогою втулки-ковзання, яка в свою чергу одягається на вал, а потім вставляється в корпус. Друга частина валу вставляється у верхню кришку,

попередньо надіту на вал втулку. Верхня кришка до корпусу кріпиться за допомогою болтів.

Крутний момент через вал секторний циклічно передається на рейку, яка в свою чергу коззас по напрямній. Вона кріпиться до корпусу за допомогою двох болтів. В одному торці рейки отвір, в який вставляється пружина. В іншому боці, циліндричної частини рейка вставляється у проставку (стакан). Вона встановлена в корпус (для полегшення складання). Проставка кріпиться до гільзи чотирма болтами. При обробці валу секторного необхідно звернути особливу увагу на: обробку посадочних поверхонь $\varnothing 30$, M14-7H та зубчатого вінця.

На циліндричну частину рейки одягається поршень та кріпиться гайкою. На поршень одягається гільза. Остання кріпиться до корпусу чотирма болтами. У гільзу ввинчується штуцер, по якому рухається повітря.

Приводячи вузол у рух, рейка рухається. З нею рухається й поршень, витісняючи повітря по спеціальному повітропроводу.

Корпус має три циліндричних отвори під вал-сектор та рейку, отвори з різьбою під болти.

1.2 Аналіз параметрів точності

Аналіз параметрів точності деталі необхідний для:

- забезпечення якості (гарантія відповідності виробу заданим стандартам та специфікаціям);
- функціональності;
- зниження витрат (запобігання браку та переробкам);
- збільшення термінів служби (виявлення та усунення потенційних проблем, що сприяє більш тривалій експлуатації виробу);
- підтримка конкурентоспроможності (висока якість продукції підвищує репутацію компанії та її позиції на ринку);

- дотримання стандартів (відповідність міжнародним та галузевим стандартам для покращення експортних можливостей).

Отже, аналіз допомагає оптимізувати виробничі процеси та покращити загальну ефективність.

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, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Вал секторний»

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична	23	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	1,6
2	Різьба	M14	6g	-	-	1,6
3	Циліндрична	25	h7	-	-	1.6
4	Циліндрична	$30^{+0,007}_{-0,030}$	g6	-	-	0.4
5	Циліндрична	Ø42,5	h9	-	-	1.6
6	Шпонковий паз	10 ^(+0,18)	H12	-	-	3.2
7	Циліндрична	$\varnothing 30^{+0,007}_{-0,020}$	G6	-	-	1.6

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має

поверхня 4 з розмірами Ø30g6. Найнижча шорсткість Ra=0,4 мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

Для виготовлення валу секторного застосовується сталь 45 за ДСТУ 7809:2015 [24, 37]. Сталь 45 – це вуглецева сталь із вмістом вуглецю близько 0,45%. Вона широко використовується в машинобудуванні та виробництві різних деталей завдяки гарному поєднанню міцності та пластичності.

У таблицях 1.3 та 1.4 наводимо основні хімічні та механічні властивості даного матеріалу.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад матеріалу сталь 45

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.5	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.03

Таблиця 1.4 – Механічні властивості матеріалу сталь 45

Матеріал	σ_s , МПа	δ_T , МПа	α_5 , %	γ , %	KCU, кДж/м ²	Термічна обробка	HB
45	470	245	17	35	340	Нормалізація	220

Замінити сталь 45 можна за допомогою сталі 40X, що максимально підходить за своїми хімічними та механічними властивостями до сталі 45 (таблиці 1.5, 1.6). Сталь 40X – це легована вуглецева сталь, що містить близько 0,4% вуглецю та добавки хрому (приблизно 1%). Вона має гарні механічні властивості та високу міцність, що робить її придатною для різних застосувань.

Таблиця 1.5 – Хімічний склад матеріалу 40Х

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.35 - 0.44	0.17 - 0.37	0.5 0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8 - 1.1	до 0.3

Таблиця 1.6 – Механічні властивості матеріалу 40Х

Матеріал	σ_B , МПа	σ_T , МПа	d_5 , %	δ , %	KCU, кДж/м ²	Термічна обробка	HB
40Х	980	785	10	45	590	Гартування, відпускання	217

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вузла у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою

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

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

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

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (300 + 0,04 \cdot 300) \cdot (1 + 0,025) = 320 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності вузла та деталі – це важливий етап у проектуванні, який допомагає визначити, наскільки легко та економічно доцільно виробляти, обробляти та збирати деталі. Розглянемо основні аспекти аналізу.

1. Конструкція деталі. Форма та розміри. Простота форм та розмірних характеристик впливає на технологічність. Складні геометричні форми можуть потребувати спеціальних технологій обробки. Технічні вимоги. Наявність критичних розмірів та точностей, що можуть ускладнити обробку.

2. Матеріали. Зручність обробки матеріалів (механічні властивості, корозійна стійкість) визначає технологічність. Матеріал повинен бути доступним для постачання та обробки.

3. Виробничі процеси. Методи обробки. Оцінка доступних технологій (токарна, фрезерна, зварювання тощо) виробництва деталі. Зручність складання. Розгляд технологічності процесів складання та розбирання вузлів.

4. Економічні аспекти. Собівартість. Аналіз витрат на матеріали, обробку, складання та контроль якості. Терміни виробництва. Оцінка часу, що буде необхідний для виготовлення деталі, що також впливає на загальну вартість.

5. Стандартизація та уніфікація. Використання стандартних розмірів та форм, а також уніфікованих деталей може значно підвищити технологічність.

6. Проблеми та ризики. Оцінка можливих проблем, які можуть виникнути у процесі виробництва та експлуатації деталі.

Отже, аналіз технологічності вузла та деталі повинен проводитись на ранніх етапах проектування, щоб мінімізувати ризики та оптимізувати виробничі процеси. Це дозволяє знизити витрати та покращити якість готової продукції [23].

Конструкція вловлювача доволі складна. У нього входить незначна кількість деталей специфічної форми, стандартні вироби болти та шайби. Основна частина

деталей виготовляється спеціально для даного виробу. Конфігурація дозволяє легке складання та розбирання вузла. Точність виготовлення деталей, практично виключає операції підгонки. Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла. Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Регулювання та контроль роботи також проводиться без розбирання. У вузлі відбувається самозмашування, за допомогою захоплення зубцями валу сектора, що працює в парі з рейкою.

Конструкцію вловлювача можна вважати технологічною і придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технологічних вимог.

У процесі аналізу креслення деталі (гал секторний) було виявлено, що деталь практично повністю випрацьована на технологічність для серійного типу виробництва, бо витрати на налагодження верстатів будуть порівняно незначні з економією матеріалу та часу.

Результати аналізу на технологічність валу секторного наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність валу секторного

№ п/п	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи по покращенню технологічності
1	2	3	4
1.	Необхідна наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Деталь не має зручних технологічних баз: на першій та другій операції механічної обробки потрібно зацентрувати.	Зацентрування.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2.	Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристосуваннями.	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристосуваннями.	Не потрібні.
3.	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити напрохід.	Деталь має глухі отвори, але вони потрібні для забезпечення працездатності деталі.	Не потрібні.
4.	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між допуском та шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільним.	Не потрібні.
5.	Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпіндельну обробку, для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм.	Розміри розташування отворів допускають багатошпіндельну обробку.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
6.	У деталях необхідно уникати отворів із $L > 8 \dots 10D$.	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
7.	Чи є в деталях різьби, що менші ніж M6?	У конструкції деталі відсутні дрібні різьбові отвори.	Не потрібні.

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому деталь вал секторний за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Даний вузол повинен вироблятися за умов дрібносерійного виробництва, тому діючі технологічні процеси повинні мати певну специфіку. Сюди відносяться застосування універсального обладнання, верстатів із ЧПК.

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно і до нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для великосерійного типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації нецільно налагоджувати виробництво за такою програмою. Це означає, що обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. При проектуванні даного технологічного процесу необхідно замінити у найбільш об'ємних операціях металорізальне обладнання на верстати із ЧПК. Застосування прогресивного

різального інструменту дозволить підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, витрати електроенергії, інструменту тощо, зменшуючи собівартість деталі.

2.3 Маршрути обробки 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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

T_z, T_d, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнкової 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 цапфи $\varnothing 15h7$. Допуск за кресленням 0,018 мм, допуск заготовки 0,6 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,6}{0,018} = 33,3.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 33,3}{0,46} \approx 3,3.$$

Отже, передбачаємо 3 етапи обробки для даної поверхні (таблиця 2.2)

Таблиця 2.2 – Етапи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск, мкм	Шорсткість R_a за кресленням, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі етапи обробки поверхонь		Квалітет кінцевий	Досягнений допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							Номер етапу	Перехід МОП				
1	7	64	1,6	1000	16	13,3	1.	Чорнове точіння	12	300	5,6	13,6
1	7	64	1,6	1000	16	13,3	1.	Напівчистове точіння	9	260	3,28	
								Чистове точіння	7	220	1,56	
2	7	18	1,6	600	16	33,3	1.	Чорнове точіння	12	43	3,95	33,3
								Напівчистове точіння	9	20	1,53	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	7	13	1,6	200	16	24,5	1	Чорнове точіння	12	133	9,3	24,5
								Напівчистове точіння	9	48	7,8	
								Чистове точіння	7	13	8,33	
4	100	50	1,6	1000	16	2,6	1	Чорнове точіння	12	500	1,56	2,6
								Напівчистове точіння	9	250	1,2	
								Чистове точіння	7	100	1,67	
5	50	2	1,6	1000	16	56,2	1	Чорнове точіння	12	460	18,4	56,3
								Напівчистове точіння	9	120	13,24	
								Чистове точіння	7	50	22,4	
6	100	50	1,6	1000	16	2,6	1	Чорнове точіння	12	500	1,56	2,6
								Напівчистове точіння	9	250	1,2	
								Чистове точіння	7	100	1,67	
7	7	13	1,6	200	16	24,5	1	Чорнове точіння	12	133	9,3	24,5
								Напівчистове точіння	9	48	7,8	
								Чистове точіння	7	13	8,33	

Загальний висновок: під час вибору методів обробки кожної поверхні деталі, будемо керуватися показниками собівартості обробки та підвищення якості оброблених поверхонь.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

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

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки валу секторного

№ оп.	Найменування операції	Устаткування	Зміст операції
1	2	3	4
005	Заготівельна	Прес КГШП	
010	Термічна	Піч	
015	Фрезерно-центрувальна	Верстат 2Г942	
020	Токарно-гідрокопіювальна	Верстат 1Е713	
025	Вертикально-фрезерна	Верстат 5К315	
030	Шпонко-фрезерна	Верстат 3Г13	
035	Токарна із ЧПК	Верстат 16К20РФ3	
040	Контрольна	Стіл ВТК	

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 $\varnothing 30h12_{-0,57}^{-0,22}$ мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь має вигляд

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

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, перегину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

ϵ_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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 $\varnothing 30h12\left(\begin{smallmatrix} -0,22 \\ -0,57 \end{smallmatrix}\right)$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ мкм	Гозр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	Δ	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Виливек	800	800	460	-	-	101	2000	101	103	-	-
Чорнове точіння	320	320	460	-	2·2000	32,18	320	32,18	33	2820	4000
Напів-чистове точіння	160	160	190	-	2·1100	30,28	520	30,26	30,8	1900	2200
Чистове точіння	80	80	-	-	2·510	29,43	350	29,43	29,78	850	1020
									Σ	5570	7220

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_z - \delta_d \quad (2.5)$$

$$7220 - 5570 = 2000 - 350;$$

$$1650 = 1650.$$

На рисунку 2.1 наводимо графічне поле розташування припусків та допусків на обробку.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 30\ h12$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідником (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Припуски і допуски на поверхні деталі

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм
1	2	3	4
1	Торець	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,5
2	Торець	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,5
3	Циліндрична	Чорнове точіння	2,0

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
3	Циліндрична	Напівчистове точіння	1,0
		Чистове точіння	0,25
4	Циліндрична	Чорнове точіння	4,0
		Напівчистове точіння	2,0
		Чистове точіння	0,8
5	Циліндрична	Чорнове точіння	3,0
		Напівчистове точіння	1,5
		Чистове точіння	0,8
6	Площина	Чорнове точіння	3,0
		Напівчистове точіння	2,0
		Чистове точіння	1,0
7	Циліндрична	Точіння чорнове	4,0
		Точіння чистове	2
		Чистове точіння	0,8
8	Площина	Точіння чорнове	3,0
		Точіння чистове	2,0
		Чистове точіння	1,0
9	Циліндрична	Точіння чорнове	3,0
		Точіння чистове	1,5
		Чистове точіння	0,8
10	Шпонковий паз	Фрезерування	4,5
11	Різьба	Нарізка різьби	1,5

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки валу секторний (фрезерування шпонкового пазу) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосовування складається із наступних елементів: 1 – корпус; 2 – вісь; 3 – підставка; 4 – держак; 5, 6 – пружина; 7 – штовхач; 8 – пружина; 9 – опора; 10 – гайка; 11-13 – болт, 14-16 – гвинт.

У якості опорної поверхні використовуємо призму. Величина підйому опори 9 при затиску заготовки залежить від ходу тяги 2 та співвідношення пліч штовхача 7.

Повітря починає надходити з відкручуванням болта 13, потім воно заповнює порожнину і своїм тиском підіймає пружину 5, що в свою чергу приводить в дію штовхач 7 і заготовка таким чином затискається.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

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

Так як заготовка закріплюється у призмі при фрезеруванні шпінкового пазу $b=10$ мм, $L=24$ мм, $D=25$ мм, викликає сила затиску та момент $M_{кр}$. Цей момент намагається крутити заготовку в сторону обертання фрези (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Схема закріплення

Сила затиску розраховується за формулою:

$$P_z = K \cdot M / [f_{zm} \cdot D/2 + f_{on} \cdot D/(2 \sin \alpha/2)] \quad (3.1)$$

де $f_{zm} = 0,16$;

$f_{on} = 0,2$ – коефіцієнти тертя у місцях контакту заготовки з опорами і затискним пристроєм;

K – коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

$K_0 = 1,25$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує затуплення різального інструменту;

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

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили затискання;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6 = 1,15$.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 3,2.$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z визначимо за формулою [7, 28]:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot B^U \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.3)$$

де $t = 0,4$ мм – глибина різання;

$S = 0,25$ мм/зуб – подача;

$B = 4$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$D = 25$ мм – діаметр фрези;

$n = 250$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

$K_f = 1,06$ – загальний поправочний коефіцієнт.

$C_p = 682$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $\phi = 0$ – коефіцієнт та показники ступеня.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{682 \cdot 0,4^{0,86} \cdot 0,25^{0,72} \cdot 250^0}{25^{0,86} \cdot 250^0} \cdot 1,06 = 60,85 \text{ (Н)}.$$

Крутний момент, Н·м, дорівнює:

$$M = P_z \cdot D/200, \quad (3.4)$$

$$M = 60,85 \cdot 25/200 = 7,6 \text{ (Н·м)}.$$

Тоді, за формулою (3.1) маємо таке

$$P_3 = (3,2 \cdot 7,6) / [0,16 \cdot 0,015/2 + 0,1 \cdot 0,015/(2 \sin 30^\circ)] = 1965,3 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Однією з найслабкіших ланок механізму затискного пристосування є різьба на осі. Проведемо її розрахунок на міцність. Умова міцності має наступний вид:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{A_p} \leq [\sigma]_p \quad (3.5)$$

де σ_p – діюче напруження розгину, МПа;

A_p – площа навантаженого перерізу, м²;

$$A_p = \frac{3,14 \cdot (7,2 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.6)$$

Отже,

$$\sigma_p = \frac{1965,3}{4,1 \cdot 10^{-5}} = 47,9 \cdot 10^6 \text{ (МПа)}.$$

Так як, діюче напруження становить 47,9 МПа, а допустиме 110 МПа, то можна зробити висновок, що вісь із різьблення має достатню міцність.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал секторний», що виготовляється зі сталі 45, способи отримання заготовок: штампування на ГКШП та кування пневматичним молотом.

Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

При отриманні деталі методом штампування на ГКШП маса заготовки буде становити:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{д}} / k_{\text{в}}, \quad (4.1)$$

де $m_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання матеріалу;

$$m_{\text{заг}} = 1,2 / 0,9 = 1,3 \text{ кг.}$$

При куванні на пневматичному молоті:

$$m_{\text{заг}} = 1,2 / 0,85 = 1,4 \text{ кг.}$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C = (m_{\text{заг}} \cdot S_{\text{заг}} / 1000) - (m_{\text{заг}} - m_{\text{д}}) \cdot S_{\text{відх}} / 1000, \text{ грн.} \quad (4.2)$$

де $S_{\text{заг}} = 40000$ грн – базова вартість 1 т заготовок;

$S_{\text{вих}} = 8000$ грн – вартість 1 т відходів, грн.;

$m_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг.

Тоді собівартість заготовки виготовленої на ГКШП буде:

$$C = (1,3 \cdot 40000 / 1000) - (1,3 - 1,2) \cdot 8000 / 1000 = 51,2 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки куванням на пневматичному молоті:

$$C = (1,4 \cdot 40000 / 1000) - (1,4 - 1,2) \cdot 8000 / 1000 = 54,4 \text{ грн.}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони нам вигідно застосовувати штампування на ГКШП. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (54,4 - 51,2) \cdot 300 = 960 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення на ГКШП, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 3,2 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки на пневматичному молоті.

4.2 Розрахунок штучного освітлення

Для розрахунку штучного освітлення використовують три методи: світлового потоку (коефіцієнт використання), точковий та питомої потужності. Для розрахунку освітленості цеху використаємо два методи: світлового потоку та точковий.

Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий

потік, так і відбитий від стін та стелі [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розрахуємо загальне освітлення цеху.

1. Визначимо висоту підвісу h світильника.

Висота приміщення цеху була прийнята 12,6 м, звідси за формулою визначаємо висоту підвісу h світильника

$$h = H - h_p - h_c \quad (4.3)$$

$$h = 12,6 - 1 - 0,2 = 11,4 \text{ м},$$

де H – загальна висота приміщення;

h_p – висота до робочої поверхні;

h_c – висота світильника.

2. Визначаємо відстань L між світильниками при багаторядному розташуванні.

$$L = 1,5 \cdot h, \text{ м} \quad (4.4)$$

$$L = 1,5 \cdot 11,4 = 17,1 \text{ м}.$$

3. Обчислимо кількість світильників:

$$n = A \cdot B / L^2 \quad (4.5)$$

$$n = 24 \cdot 42 / 17,1^2 = 292,41.$$

де A – довжина приміщення, приймаємо $A=24$ м;

B – довжина приміщення, $B=42$ м.

4. Для обчислення світлового потоку необхідно визначити індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{[h \cdot (A + B)]}; \quad (4.6)$$

$$i = \frac{24 \cdot 42}{[11,4 \cdot (24 + 42)]} = 1,34.$$

5. Світловий потік лампи Φ_L визначають за формулою:

$$\Phi_L = E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z / n \cdot \eta; \quad (4.7)$$

де E_n – нормована освітленість, $E_n = 300$ лк;

S – площа освітлюваного приміщення, $S = 1008$ м²;

k_z – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забрудненості та старіння ламп, $k_z = 1,5$;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,15$;

n – кількість світильників, $n = 7$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta = 50\%$.

$$\Phi_L = 300 \cdot 1008 \cdot 1,5 \cdot 1,15 / 7 \cdot 0,5 = 149040 \text{ лм.}$$

6. Пропонуємо лампи типу ДРЛ потужністю 400 Вт, світловий потік лампи $\Phi_L = 22\,000$ лм і уточнюємо загальну кількість ламп n в цеху:

$$n = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\Phi_L \cdot \eta}; \quad (4.8)$$

$$n = \frac{300 \cdot 1008 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{22000 \cdot 0,5} = 47,4.$$

Остаточно приймаємо $n = 48$ для рівномірного розміщення.

4.3 Екологічні аспекти внесення рідких добрив

Внесення рідких добрив пов'язане з кількома екологічними аспектами, що важливо враховувати для мінімізації негативного впливу на довкілля. Здійснимо детальніший огляд цих аспектів.

1. Забруднення водойм.

Евтрофікація. Надмірне внесення нітратів та фосфатів може призвести до їх вимивання в поверхневі та ґрунтові води. Це викликає цвітіння водоростей, що призводить до вичерпання кисню у воді та загибелі риби та інших водних організмів.

Контамінація питної води. Нітрати можуть накопичуватися в джерелах питної води, що загрожує здоров'ю людини, особливо для дітей.

2. Втрата біорізноманіття.

Вплив на екосистеми. Надмірне використання добрив може змінити видовий склад як рослинності, так і тваринного світу. Деякі види можуть вилітатися, що знижує загальну біорізноманітність.

Альтернативні екосистеми. Оскільки рослини, здатні рости в умовах підвищеного вмісту добрив, можуть домінувати. Це може призвести до зміни екосистем та їх функцій.

3. Вихід парникових газів.

Закис азоту. Процес розкладання азотовмісних добрив у ґрунті може призводити до виділення закису азоту (N_2O), що є потужним парниковим газом та сприяє глобальному потеплінню.

Вуглецевий слід. Технології виробництва та транспортування рідких добрив можуть сприяти викидам вуглекислого газу (CO_2).

4. Зміна властивостей ґрунту.

Кислотність та засолення. Надмірне внесення добрив може призвести до зміни рН ґрунту, що негативно позначається на його родючості та здоров'ї коренів рослин. У деяких випадках може статися накопичення солей, що також призводить до зниження врожайності.

Стійкість ґрунту. Зміна хімічного складу ґрунту може погіршити її структуру та здатність утримувати вологу.

5. Вплив на здоров'я людини.

Нітратне отруєння. Вживання води з високим вмістом нітратів може спричинити метгемоглобінемію у немовлят, що призводить до «синьої дитини».

Пестициди та інші хімічні речовини. Рідкі добрива можуть містити пестициди та інші токсичні речовини, які можуть накопичуватися в харчовому ланцюгу та негативно впливати на здоров'я.

Розглянемо заходи щодо мінімізації негативного впливу.

Точне землеробство. Використання технологій, що дозволяють точно розраховувати необхідну дозу добрив. Це знижує надмірне внесення.

Системи контролю. Регулярний моніторинг стану ґрунту та водойм для оцінки впливу добрив.

Біологічні методи. Використання органічних добрив та впровадження агрономічних практик, які сприяють підтримці екосистемного балансу.

Ці аспекти наголошують на важливості збалансованого та відповідального підходу до внесення рідких добрив з метою мінімізації їх впливу на навколишнє середовище.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення вловлювача. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу секторного. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно заміни аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу секторного. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 30h12$ розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – за довідником.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки валу секторного (фрезерування). Визначено зусилля затиску. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу секторного вловлювача. Річний економічний ефект для програми випуску 300 шт. склав 960 грн. Окрім того, здійснено розрахунок освітлення цеху. Приділено увагу екологічним аспектам процесу внесення добрив.

5. У графічній частині роботи наведено складальний креслення вловлювача, креслення валу секторного, креслення заготовки валу секторного, складальний креслення затискного пристосування для виконання операції механічної обробки деталі фрезеруванням.