

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: «Технологічне забезпечення виготовлення валу візка
колісного з урахуванням типу виробництва»

КРБ.133ГМбд_41.13.00.00.000 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
ПАНЧЕНКО Іван

Керівник: канд. техн. наук, доцентка
БІЛОВОД Олександра

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Залізничний транспорт відіграє важливу роль у сільському господарстві, забезпечуючи ефективне переміщення сільськогосподарської продукції та матеріалів, зокрема на зернових елеваторах. Ключові аспекти його застосування:

- перевезення сільськогосподарської продукції (залізниця дозволяє перевозити великі обсяги продукції, такі як зерно, овочі, фрукти та молочні вироби до різних регіонів, що сприяє більш рівномірному розподілу товарів);
- доставка добрив та насіння (залізничний транспорт забезпечує своєчасну доставку добрив, насіння та інших аграрних матеріалів до сільських районів, що є критично важливим для проведення сезонних робіт);
- зниження витрат (перевезення вантажів залізницею зазвичай економічніше, ніж автотранспортом, особливо на довгі відстані. Це допомагає знижувати загальні витрати фермерів);
- стійкість до погодних умов (на відміну від автомобільного транспорту, залізниця менш схильна до впливу несприятливих погодних умов, що дозволяє підтримувати стабільні маршрути доставки);
- логістика та інтеграція (залізничні вузли можуть інтегруватися з іншими видами транспорту (автомобільним, річковим), що створює гнучкіший та ефективніший логістичний ланцюжок;
- екологічність (потяги є більш екологічно чистим видом транспорту, ніж вантажні автомобілі, що знижує вуглецевий слід сільськогосподарського сектора).

Отже, залізничний транспорт сприяє розвитку сільського господарства, покращуючи доступ до ринків та знижуючи витрати на логістику [1].

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (вал), є складовою частиною валу візка колісного.

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

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри відомими методами;
- сконструювати затисне 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

Візок колісний (рисунок 1.1) призначений для встановлення під вантажні вагони із навантаженням від колісної пари на рейки 25 тс, що експлуатуються на залізниці із колією 1520 мм. Візок забезпечує експлуатаційну надійність вагонів за інтервалу температур довкілля від -60 до $+50^{\circ}\text{C}$. Конструктивні рішення візка забезпечують збільшені терміни між ремонтами у депо. Візок застосовується у якості ходової частини напіввагону, вагонів-хоперів (рисунок 1.2) для перевезення зерна моделі ІАТ «Крюківський вагонобудівний завод».

а)

б)

Рисунок 1.1 – Візок колісний: а – вид загальний; б – схема конструктивна

а)

б)

Рисунок 1.2 – Вагон хопер: а – вид загальний; б – схема конструктивна

Візок складається з наступних елементів:

- колісних пар із конічними дворядними підшипниками касетного типу із застосуванням адаптерів та колесами підвищеної міцності;
- бічних рам та надресорної балки підсиленої конструкції;
- комплекту центрального ресорного підвішування із нелінійною силовою характеристикою, до якого входять циліндричні пружини із клиновими фрикційними гасіями коливань;
- гальмівна важільна передача;
- комплект ковзунів постійного контакту

Основна технічна характеристика візка колісного наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика запобіжного пружинного клапану

Назва параметра	Величина
База, мм	1850
Гнучкість ресорного підвішування під тарою, мм/Н	$1,98 \cdot 10^{-4}$
Гнучкість ресорного підвішування під брутто, мм/Н	$1,22 \cdot 10^{-4}$
Максимальне статичне навантаження від колісної пари на рейку, кН	245
Міжремонтний пробіг до першого ремонту, тис. км	500
Конструкційна швидкість, км/год	120
Габаритні розміри, мм	2856×2590×1025
Маса, кг	5000

Деталю, що виноситься на детальний розгляд, є вал (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 Вал

Деталь виготовляється зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015.

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

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхилен- нями	Квалітет точності	Точ- ність форми	Точність віднос- ного поло- ження	Шорст- кість R _a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична	Ø55	h14	-	-	12,5
2	Циліндрична	Ø65	h12	-	-	12,5
3	Циліндрична	Ø55	k6	-	-	0,8
4	Торець	310	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	6,3
5	Торець	140	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	1,6
6, 7	Торець	50	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	6,3

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 3 з розмірами Ø55k6. Найнижча шорсткість R_a=0,8 мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машиннобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Для виготовлення валу застосовується сталь 45 за ДСТУ за ДСТУ 7809:2015. [24, 37].

Сталь 45 (таблиця 1.3) має достатньо високі механічні та антифрикційні властивості, низьку корозійну стійкість, добру оброблюваність різанням. Достатньо висока міцність удара стійкість, стійкість при знакозмінному навантаженні, добра оброблюваність різанням та відносно невисока вартість роблять їх незамінною при виготовленні валів, зубчастих коліс, втулок, осей та інших деталей. Матеріал даного валу відноситься до вуглецевих якісних конструкційних сталей. Вміст вуглецю складає 0,45 %.

Термічна обробка сталі 45 включає кілька основних процесів, які впливають на її механічні властивості.

Гартування сталі 45 – один із найскладніших та найвідповідальніших процесів термообробки, оскільки вимагає точного дотримання температури та часу нагріву. У процесі загартування сталь марки 45 нагрівається до 820-840 °C. Цей температурний діапазон дозволяє досягти повної аустенізації. Структура сталі стає гранецентрованою. Це є ключовим етапом для подальшого утворення мартенситу. Важливо витримувати цю температуру достатньо часу, щоб структура повністю перейшла в аустенітну фазу. Насправді часто вибирається верхня межа температури для підвищення швидкості обробки.

Витримка сталі потрібна для вирівнювання структури. Важливо забезпечити час нагрівання 1 хвилину за кожен міліметр товщини деталі.

Ключовий етап гартування – охолодження коли метал різко охолоджують у спеціальному середовищі (вода, мастило). Мастило перешкоджає розтріскуванню та деформації металу.

При правильному гартуванні сталь 45 набуває мартенситної структури, що підвищує твердість до HRC 56-59, проте вимагає додаткової обробки для усунення

внутрішніх напружень. Без подальшого відпускання сталь стає дуже крихкою, що обмежує її застосування.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад, властивості матеріалу валу, матеріал-замінник

Матеріал	σ _т , МПа	Твердість HB×10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
45	650	170...179	0,4...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,04
40X	620	163...168	0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,035

Відпускання – це етап термообробки, що проводиться після загартування. Його мета полягає у знятті крихкості, а також зняття внутрішніх напружень, що з'являються через швидке охолодження на етапі гартування.

Залежно від температури відпускання можна виділити три основні режими.

1. Низькотемпературне відпускання (150...250 °С). Сталь зберігає високу твердість, але знижує внутрішні напруження. Цей метод часто застосовують для інструментів із високою зносостійкістю.

2. Середньотемпературне відпускання (250...500 °С). Дозволяє знизити твердість до HRC 35...50, підвищуючи пластичність та ударну в'язкість. Такий метод підходить для металовиробів, які працюють під навантаженням.

3. Високотемпературне відпускання (500...650 °С). Після такої обробки сталь набуває комплексних механічних властивостей, стає міцною і ударостійкою. Цей метод застосовується для деталей машин, таких як вали, шестірні та шпинделі. Що відповідає нашому варіанту.

Під час відпускання відбуваються зміни мікроструктури: спочатку руйнується мартенсит, потім утворюються цементитні частинки. Вони сприяють формуванню більш пластичної структури. Завдяки цьому сталь стає менш крихкою і краще протистояє ударним навантаженням.

Як видно із таблиці, можливе використання і сталі 45, і сталі 40Х. Але в першу чергу, при приблизно однакових механічних властивостях, потрібно враховувати економічну доцільність вибору матеріалу для виготовлення деталі. Також нами невідомі умови роботи деталі вузла, а тому залишаємо марку матеріалу, що призначено конструктором, тобто Сталь 45.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях типу вал вузла у кількості 220 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

$$N_{зан} = (220 + 0,04 \cdot 220) \cdot (1 + 0,025) \approx 229 \text{ (шт.)}.$$

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 – це процес оцінки зручності та ефективності виробництва конкретного вузла у виробі. Розглянемо основні етапи такого аналізу.

Технологічні процеси. Необхідно описати основні технологічні процеси, що необхідні для виробництва вузла. Це може включати обробку, складання, контроль якості та пакування.

Матеріали. Необхідно проаналізувати які саме матеріали використовуються для виготовлення вузла. Оцініть їх доступність, вартість та вплив на технологічність.

Обладнання. Треба оцінити обладнання, що буде потрібно для виробництва вузла. Розглянути можливість використання існуючих ресурсів та необхідність закупівлі нових.

Складність складання. Оцінка складності складання вузла. Чим складніше вузол, тим більше часу та ресурсів знадобиться на його виробництво.

Технічні обмеження. Визначаються можливі технічні обмеження, що можуть вплинути на процес виробництва, наприклад, точність обробки або температурні режими.

Економічна ефективність. Проводиться аналіз витрат за виробництво вузла, включаючи вартість матеріалів, праці та експлуатації устаткування.

Аналіз можливих альтернатив. Розглядаються альтернативні рішення та технології, що можуть підвищити технологічність вузла.

Отже, на основі проведеного аналізу надаються рекомендації щодо покращення технологічності вузла, наприклад, зміни у конструкції, оптимізацію процесів або вибір ефективніших матеріалів [23].

Конструкцію візка колісного можна вважати технологічною та придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технологічних вимог.

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

Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристроями.	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями: пневматичними або ручними лещатами.	Не потрібні.
2	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь має глухі отвори, але вони потрібні для забезпечення працездатності деталі.	Не потрібні.
3	У деталях неохідно уникати отворів $I_8 \dots I_{10D}$.	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
4	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між таким допуском і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.
6	Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, для цього відстань між осiami повинна бути не менше 30...40 мм.	Розміри розташування отворів допускають багатошпindelну обробку.	Не потрібні.
7	Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори.	Розміри розташування отворів допускають багатошпindelну обробку.	Не потрібні.

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

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

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 масового типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати виробництво на масовий тип, так як асортимент продукції постійно змінюється, а

тому основною задачею роботи є перехід на серійний тип виробництва. Це значить, що обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. У базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати, які мають велику вартість, більшу собівартість налагодження та дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливе). Тому при проектуванні нового технологічного процесу необхідно замінити усі агрегатні верстати на верстати із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності в економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шерсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

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 чорнкової обробки допустимими 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 $\varnothing 55k6$. Допуск за кресленням 0,019 мм, допуск заготовки 1,9 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,9}{0,019} = 100.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 100}{0,46} \approx 4,3.$$

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

Приклад для обробки поверхні $\varnothing 55h14$. Допуск за кресленням 0,74 мм, допуск заготовки 2 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2}{0,74} = 2,7.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 2,7}{0,46} \approx 0,9.$$

Отже, необхідно передбачити 1 етап обробки для даної поверхні.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки деталі

№ оп.	Найменування операції	Устаткування	Зміст операції
1	2	3	4
005			
010			
015			
020			
025			
030			
035			
040			
045			
050			
055			

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 $\varnothing 55k6$ мм.

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

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

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:

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

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

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 55k6$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм			Розр. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Прокат	160	250	775	-	57,7306	1900	57,73	59,63	-	-
Точіння чорнове	63	60	0	2370	55,3606	300	55,36	55,66	3970	2370
Точіння чистове	20	30	0	246	55,1146	120	55,11	55,23	430	250
Точіння тонке	6,3	0	0	100	55,0146	46	55,01	55,056	174	100
Шліфування	3,2	6	0	12,6	55,002	19	55,002	55,021	35	8
Σ									4609	2728

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$4609 - 2728 = 1900 - 19;$$

$$1881 = 1881.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідником.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (фрезерування функціональних поверхонь) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [2, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – плита; 2 – призма; 3 – притискач; 4 – гайка; 5 – шпонка; 6 – шпилька; 7 – циліндр пневматичний; 8 – гвинт; 9 – штифт.

Принцип роботи пристосування наступний. Деталь, що зазнає обробки фрезеруванням розташовується у двох призмах, що мають кут 90° . Після цього стиснуте повітря із компресора подається до штокової порожнини циліндру 7. В результаті цього відбувається опускання притискача 3 і затискання деталі в призмах. Після завершення обробки стиснуте повітря подається у іншу частину штокової

порожнини, тим самим змушуючи притискач 3 рухатися вгору та розкріпляти деталь. Маємо, таким чином, універсальне затискне пристосування двобічної дії.

Для точного встановлення пристосування на стіл верстату без вивірки та більшої його стійкості застосовують напрямні шпонки. Вони вставляються у паз, виконаний в основі пристосування.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

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

На даній операції (030) максимальна сила різання F_z при фрезеруванні верхньої площини деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді ΣF_{iy} :

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

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

де F – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння прийме вигляд:

$$W \cdot F - K \cdot P_z = 0; \quad (3.3)$$

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

де K – коефіцієнт запасу:

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

$K_0 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт стану поверхні деталі;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному різанні.

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує постійність сил затискання;

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

$K_6 = 1,0$.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,7.$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z визначимо за формулою:

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

де $t = 5,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,024$ мм/зуб – подача;

$B = 10$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$D = 10$ мм – діаметр фрези;

$n = 800$ хв – частота обертання фрези;

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

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $\omega = 0$ – коефіцієнти та показники степеня,

які вибираються з таблиць.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 5,0^{0,95} \cdot 0,024^{0,8} \cdot 10^{1,1} \cdot 2}{10^{1,1} \cdot 800^0} \cdot 1,1 = 42,4 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{42,4 \cdot 2,7}{0,1} = 1145 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

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

Для даного механізму можна записати:

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

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

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 1145 \text{ (Н)}$

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

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

З цієї формули виразимо значення діаметра:

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

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока, 14 мм;

η – ККД пневмодиліндра, 0,9;

p – тиск повітря що подається у пневмодиліндр, 0,6 МПа.

Таким чином, маємо значення:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 1145}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9} + 14^2} = 39,3 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 40$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Однією з найслабкіших ланок механізму затискного пристосування є різьба М8 на штоці. Проведемо її розрахунок на міцність. Умова міцності має наступний вид:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{A_p} \leq [\sigma]_p \quad (3.10)$$

де σ_p – діюче напруження розтягу, МПа;

A_p – площа навантаженого перерізу, м²;

$$A_p = \frac{3,14 \cdot (6,7 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.11)$$

Отже,

$$\sigma_p = \frac{1145}{3,5 \cdot 10^{-5}} = 32,7 \cdot 10^6 \text{ (МПа)}.$$

Так як діюче напруження становить 32,7 МПа, а допустиме 100 МПа, то можна зробити висновок, що шток із різьбою має достатню міцність.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал», що виготовляється зі сталі 45, способи отримання заготовок: виготовлення з прокату та штампування [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Собівартість заготовки, що виготовлена з прокату:

$$C = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}} \quad (4.1)$$

де Q – маса заготовки з каліброваного прутка, $Q=8$ кг;

q – маса готової деталі, $q=6,6$ кг;

S та $S_{\text{відх}}$ – відповідно вартість матеріалу прутка та відходів: 34000 грн/т та 8000 грн/т

Масу каліброваного прутка визначали за формулою:

$$Q = V \cdot \rho = \pi \cdot R^2 \cdot l \cdot \rho, \quad (4.2)$$

де V – об'єм заготовки, м^3 ;

ρ – густина, $\text{кг}/\text{м}^3$;

l – довжина заготовки, м.

$$Q = 3,14 \cdot (65 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,315 \cdot 7850 = 8,2 \text{ кг.}$$

Тоді

$$C = \frac{(8,2 \cdot 34000 - (8,2 - 6,6) \cdot 8000)}{1000} = 266 \text{ грн.}$$

Ціну заготовки виготовленої методом штампування

$$C_{k,III} = [C_{бк,III} \cdot G_{k,III} \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_M \cdot K_{II} \cdot K_B - (G_{k,III} - G_g) \cdot C_{відх}], \quad (4.3)$$

де $C_{бк,III}$ – базова ціна одного кілограму кованок (штамповок), виготовлених з базового матеріалу, з базовою точністю та складністю – 45000 грн/т;

$C_{відх}$ – ціна одного кілограму відходів – 8000 грн/грн.;

$G_g, G_{k,III}$ – маса відповідно готової деталі та кованки, кг;

$K_T, K_c, K_M, K_{II}, K_B$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності заготовки, марки матеріалу, програми річного замовлення та маси кованки (штамповки).

При проектуванні кованих заготовок масу визначають з урахуванням витрат металу при вигоранні та облої. Маса деталі складає 6,6 кг.

Визначимо масу заготовки деталі за формулою:

$$Q_{заг} = \frac{m_d}{K}, \quad (4.4)$$

де K – середній коефіцієнт використання металу, який приймемо рівним 0,75 (при виготовленні заготовок штампуванням);

m_d – маса деталі.

$$Q_{заг} = \frac{6,6}{0,75} = 8,8 \text{ кг.}$$

Отже, для виготовлення деталі необхідно 8,8 кг вихідного матеріалу.

Підставивши отримані значення, маємо:

$$C_{k,III} = [45000 \cdot 8,8 \cdot 1,15 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 - (8,8 - 6,6) \cdot 8000] / 1000 = 560 \text{ грн.}$$

Порівнюючи ці методи, можна відмітити, що метод виготовлення заготовки із прутка є набагато дешевшим.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити:

$$L = (560 - 266) \cdot 220 = 64680 \text{ грн.}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення з прокату, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 294 грн. за одиницю, у порівнянні з виготовленням заготовки штампуванням.

4.2 Зменшення пилоутворення на елеваторі

Зменшення пилоутворення на елеваторі – це важливе завдання, пов'язане з безпекою, продуктивністю та екологією. Пил може викликати проблеми зі здоров'ям, знижувати ефективність роботи обладнання та збільшувати ризик вибухів [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]. Розглянемо детально основні методи, що можуть допомогти у вирішенні цієї проблеми.

1. Системи аспирації:

- промислові пиłosоси (встановлення потужних пиłosосів для уловлювання пилу на етапі завантаження та розвантаження);

- фільтри (використання фільтрів з високою ефективністю, таких як HEPA, здатні вловлювати дрібні частинки);

- системи вентиляції (забезпечення гарної вентиляції для видалення забрудненого повітря та заміни його свіжим).

2. Вологовтримні технології:

- зволожувачі (встановлення зволожувачів повітря, що розпилюватимуть воду для зниження пилу в повітрі);

- обробка матеріалів (обробка сипких матеріалів спеціальними матеріалами, які зменшують їхню пилову активність).

3. Оптимізація технологічних процесів:

- регулювання швидкості конвеєрів (зменшення швидкості переміщення сипких матеріалів для запобігання їх розпилюванню);
- планування маршрутів (проектування та оптимізація маршрутів транспортування, щоб уникнути різких поворотів та падінь, що можуть сприяти утворенню пилу).

4. Використання пилозахисних пристроїв:

- пилозахисні екрани та щити (встановлення фізичних бар'єрів, що перешкоджають розповсюдженню пилу у повітрі);
- заслінки та клапани (використання автоматичних заслінок на місцях завантаження та вивантаження для мінімізації виходу пилу).

5. Контроль за станом обладнання:

- регулярне обслуговування (проведення регулярних перевірок та технічного обслуговування обладнання для запобігання зитоку та несправності);
- оновлення застарілого обладнання (заміна старого обладнання на більш сучасні моделі, які менш схильні до утворення пилу).

6. Навчання персоналу:

- навчання безпечним практикам (навчання співробітників методам мінімізації пилу та правильної роботи з матеріалами, що утворюють пил);
- інформування про ризики (проведення семінарів з ризиків, пов'язаних з пилом, та запобіжні заходи).

7. Покриття та герметизація:

- використання кришок та брезентів (при зберіганні та транспортуванні сипких матеріалів застосування захисних покриттів для запобігання розпилюванню);
- герметизація контейнерів (ущільнення контейнерів та бункерів, щоб запобігти викиду пилу під час зберігання).

8. Моніторинг та аналіз:

- встановлення датчиків (використання датчиків для моніторингу рівня пилу у повітрі та на об'єктах);

- аналіз даних (збір та аналіз даних про пилоутворення для визначення основних джерел та оптимізації процесів).

Отже, ці заходи у комплексі допоможуть значно знизити пилоутворення на елеваторі покращуючи умови праці та підвищуючи безпеку.

4.3 Вплив зернових елеваторів на довкілля

Вплив зернових елеваторів на довкілля та методи зниження цього впливу можна розглянути з наукової точки зору, акцентуючи увагу на аспектах екології та сталого розвитку.

1. Забруднення атмосфери.

Пилоутворення. Операції із завантаження та розвантаження зерна, а також транспортування контейнерами можуть призводити до утворення аерозолів, що містять дрібні частинки, що суттєво погіршує якість повітря. Дослідження показують, що тривала дія пилу може призвести до респіраторних захворювань у працівників та місцевих жителів.

Емісія парникових газів. Використання дизельних генераторів та транспортних засобів створює викиди вуглекислого газу та інших парникових газів. Це може сприяти зміні клімату.

2. Забруднення водних ресурсів.

Контамінація стічних вод. При обробці та зберіганні зерна може відбуватися утворення стічних вод, які містять органічні та неорганічні забруднювачі. Дослідження показують, що без попереднього очищення такі стічні води можуть негативно впливати на екосистеми водойм.

Витоки хімічних речовин. Витоки пестицидів та добрив можуть призводити до евтрофікації водойм, що у свою чергу викликає гіпоксичні умови та зниження біорізноманіття.

3. Забруднення ґрунту.

Накопичення забруднювачів. Падіння сипких матеріалів та пилу може призводити до забруднення ґрунту. Дослідження показують, що накопичення важких металів та органічних сполук може суттєво погіршувати якість ґрунту.

Потенційні витоки. Витоки палива та хімікатів можуть порушувати структури ґрунту та його функціональні можливості, що веде до зниження родючості.

4. Вплив на біорізноманіття.

Знищення середовища існування. Будівництво та експлуатація елеваторів часто призводять до фрагментації екосистем та втрати природних середовищ існування, що загрожує багатьом видам.

Шумове забруднення. Шум від роботи обладнання може порушувати поведінку диких тварин та їх екосистемні взаємодії.

Основними способами зменшення шкоди є:

- інтегровані системи управління якістю повітря (впровадження систем аспірації та фільтрації, що відповідають стандартам ISO 14001, дозволяє вловлювати та очищати повітря від пилу та забруднюючих речовин;

- зволоження та застосування адсорбентів (застосування технологій, таких як розпилення води або використання біологічних адсорбентів для зниження пилу на всіх етапах обробки та зберігання зерна;

- оптимізація технологічних процесів (регулювання параметрів роботи конвеєрів та інших транспортних систем з використанням сучасних технологій, таких як автоматизація та сенсорні системи, може знизити пилоутворення та покращити ефективність);

- екоефективні технології (перехід на відновлювані джерела енергії (наприклад, сонячні панелі або біомаса) для зниження сліду вуглецю;

- встановлення систем замкнутого циклу для обробки стічних вод, що дозволяє мінімізувати забруднення водойм;

- моніторинг та моделювання впливу (встановлення датчики для моніторингу рівнів пилу та забруднюючих речовин у реальному часі з використанням технологій дистанційного зондування);

- освіта та залучення спільноти (проведення навчальних програм для працівників та місцевих жителів щодо важливості охорони навколишнього середовища та сталого управління ресурсами);

- планування використання земель (проведення оцінок впливу на довкілля перед будівництвом нових об'єктів, що дозволить виявити потенційні ризики та розробити заходи щодо їх мінімізації).

Отже, заходи, що ґрунтуються на наукових даних та сучасних технологіях, можуть значно знизити негативний вплив зернових елеваторів на навколишнє середовище та сприяти сталому розвитку агропромислового комплексу.

ВИСНОВКИ

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

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

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 55 \pm 0,06$ мм розрахунково-аналітичним методом.

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

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу візка колісного. Річний економічний ефект для програми випуску 220 шт. склав 64680 грн. Окрім того, згадано питання зменшення шуму на зернових елеваторах, а також запропоновано заходи щодо збереження дозвілля на підприємствах даного виду.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик візка колісного, кресленик валу, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції механічної обробки деталі фрезеруванням.