

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: «Підготовка машинобудівного виробництва
з виготовлення валу колони поворотної»

КРБ.133ГМбд_41.15.00.00.000 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
ПРИЙДАК Микита

Керівник: докт. техн. наук, професор
ВЛАСОВЕЦЬ Віталій

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Консольні крани відіграють важливу роль в агропромисловому комплексі, забезпечуючи ефективне навантаження та розвантаження різних матеріалів та обладнання. Вони використовуються в таких областях, як:

- транспортування вантажів (консольні крани допомагають переміщувати сипучі матеріали, наприклад, зерно, добрива, між складами та транспортними засобами;

- складські операції (дозволяють оптимізувати процеси зберігання та розподілу товарів, збільшуючи швидкість та знижуючи трудовитрати);

- обслуговування обладнання (крани можуть використовуватися для монтажу та демонтажу сільськогосподарської техніки, що особливо важливо у період підготовки до сезону);

- ремонтні роботи (консольні крани полегшують доступ до високорозташованих частин будівель та споруд, що є важливим для проведення технічного обслуговування).

Отже, переваги консольних кранів включають їх компактність, можливість роботи в обмежених просторах і простоту установки. Це робить їх незамінними на сучасних агропромислових підприємствах.

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (вал), є складовою частиною колони поворотної консольного крану.

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

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 та підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити зіп'рацювання 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 та основних частин крану;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати 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

Як відомо, сільське господарство є складовою світової економіки. Воно забезпечує населення продукцією, а також інші галузі сировиною для переробки.

Кран консольний (рисунок 1.1) – це пристрій вантажопідійомний. Застосовується для безпосереднього підймання та транспортування вантажів. Вантажопідійомний пристрій встановлено безпосередньо на консолі (висока балка). Кран даного типу може бути як пересувним, навісним, так і наземним. В останньому випадку монтаж здійснюється за допомогою фундаменту для створення надійної основи. Привід керування стрілою може бути як електричний (пульт), так і механічний (ланцюг).

Широкого застосування дана конструкція набула у складських приміщеннях для транспортування незначних вантажів. Особливістю крана є його можливість до застосування в обмеженому просторі.

а)

б)

Рисунок 1.1 – Кран консольний: а – вид загальний; б – конструктивна схема

Основна технічна характеристика крана наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика крана консольного

Назва параметра	Величина
Вантажопідйомність, кг	500
Вилит, м	2,1
Висота підйому, м	3,0
Швидкість підйому, м/хв	8,0
Швидкість пересування талі, м/хв	20
Габаритні розміри, мм	2520×520×4380
Маса, кг	440

Розглянемо переваги застосування у сільському господарстві консольного крану:

- 1) збільшення рівня продуктивності (швидке та ефективне виконання операцій зі збільшенням продуктивності робіт);
- 2) зменшення рівня фізичного навантаження (полегшення фізичної праці робітників – збереження їх здоров'я, зниження рівня травматизму);
- 3) економія ресурсів та часу (швидке і точне переміщення вантажів – скорочення часу та зменшення витрат на оплату праці);
- 4) підвищення рівня безпеки (кран обладнаний системами безпечного ведення робіт для зниження нещасних випадків, а також пошкодження обладнання);
- 5) можливість створення спеціальної комплектації за відсутності електрики (ланцюгові талі, а також механічний привід повороту стріли забезпечує належну функціональність).

Таким чином, консольний кран є незамінним помічником під час сільськогосподарського виробництва за рахунок підвищення ефективності, продуктивності технологічних операцій. Сприяє зниженню фізичного навантаження, зменшує тимчасові витрати, сприяє безпеці праці.

Деталлю, що виносить на детальний розгляд, є вал колони поворотної (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Вал колони поворотної

Вал колони поворотної представляє собою зварну конструкцію, до якої входять такі деталі: вал; кришка; труба. Це ключова складова, що забезпечує обертання крана навколо власної осі. Він з'єднує колону із поворотним механізмом, дозволяючи крану рухатися у горизонтальній площині.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності виробу

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності виробу

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична поверхня	$\varnothing 55^{+0,021}_{+0,002}$	k6		-	1,6
2	Циліндрична поверхня	$\varnothing 100^{+0,0}_{-0,22}$	h11	-	-	6,3
3	Циліндрична поверхня	$\varnothing 200^{+0,0}_{-0,87}$	h14	-	-	8,0

При проведенні аналізу виявлено, що вимоги до точності і шорсткості прийнятні, розміри проставлені раціонально. Найточніша зовнішня поверхня – циліндрична поверхня $\varnothing 55k6^{+0,021}_{+0,002}$, шорсткість $R_a=1,6$ мкм, що цілком задовольняє умови працездатності.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні валу у якості матеріалу застосовується конструкційна легована сталь 40X відповідно до ДСТУ 7749:2015 [24, 37].

Цей матеріал можливо замінити на сталі: 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР. Вони використовуються переважно для осей, валів, валів-шестерень, плунжерів, штоків, кілець, колінчастих валів, шпинделів, оправок, рейок, зубчастих вінців, болтів, налівосей та втулок.

Хімічний склад основного матеріалу та замінника, що пропонується, наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Властивості матеріалу валу та замінника

Матеріал	C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
					Не більше			
40Х	0,41-	0,17-	0,50-	0,8-	0,035	0,035	0,30	0,30
	0,49	0,37	0,80	1,60				
40ХН	0,36-	0,17-	0,50-	0,45-	0,035	0,035	0,30	1,0
	0,44	0,37	0,80	1,15				

Технологічні властивості сталі 40Х наступні: сороблюваність різанням – у гарячекатаному стані при НВ 163-168 $\sigma_b=610$ МПа, $K_{V_{н.ст.}}=1,20$, $K_{V_{б.ст.}}=0,95$; зварювання – важкозварювана (необхідно підігрівати і проводити наступну термосробку); температура кування, °С: початок – 1250, кінець 800 (переріз до 350 мм – охолоджувати на повітрі, а поковки нескладної форми дозволяється кувати без попереднього нагрівання, але із наступним рекристалізаційним відпалюванням).

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу колони поворотної у кількості 100 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

де $N_{ви}$ – 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.

$$N_{зан} = (100 + 0,04 \cdot 100) \cdot (1 + 0,025) = 107 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – дрібносерійний

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності вузла являється одним з ключових моментів, так як саме цей пункт визначає, наскільки зміцено буде процес складання та пригонки частин вузла [23]. Крім того, аналіз технологічності є одним з найважливіших моментів у підвищенні ергономічності, економічних та технічних якостей вузла.

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів, що відповідають технологічності виробу. Якщо вузол по яким-небудь параметрам не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) вжити заходів із поліпшення конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності.

1. При складанні вузла і встановленні його підгоночні роботи відсутні. Це пояснюється точністю виготовлення деталей, правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, застосуванням прокладок, що компенсують похибку при встановленні.

2. Вузол має у своєму складі стандартні та уніфіковані деталі, що значно спрощують його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{cm} = \frac{E_{cm}}{E} \quad (2.1)$$

$$K_m = \frac{18}{46} = 0,39,$$

де E_{cm} – кількість стандартизованих одиниць,

E – загальна кількість одиниць.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{E_y}{E}, \quad (2.2)$$

$$K_{yn} = \frac{20}{46} = 0,43,$$

де E_y – кількість уніфікованих одиниць,

E – загальна кількість одиниць.

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться з метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість нестандартизованих деталей, унікальних трудомісткісних деталей.

3. Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. У даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин. Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню одної деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

4. У конструкції вузла передбачені елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси закруглень, виконані на поверхнях складальних одиниць забезпечують гарне центрування при складанні та спрощують його.

На основі цих факторів можна зробити висновок, що технологічність з точки зору складання вузла, на наш погляд, забезпечується. Це призводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість.

Розглянемо особливості аналізу на технологічність деталі, винесеної на розгляд. Необгрунтоване завищення вимог щодо точності окремих поверхонь деталі ускладнює їх обробку та робить дорожчим її виробництво. Тому особливо важливо на початкових стадіях проаналізувати технічні вимоги до виготовлення деталі, а також вимоги до точності розмірів, точності форм та шорсткості кожної функціональної поверхні деталі.

Як відомо, технологічність представляє собою сукупність властивостей конструкції, визначаючих її пристосованість до досягнення оптимальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, об'єму випуску і умов виконання робіт.

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	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільний підхід інструмента.	Деталь має зручні технологічні бази. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і закріплення заготовки.	Не потрібні.
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою простих затискних пристроїв та пристосувань.	Так як деталь має циліндричну форму і закріплюється в патрні або центрах верстата без проблем.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Дана деталь не має отворів.	Не потрібні.
4	Розміри і розташування отворів на корпусі деталі повинні дозволяти багатоплинделъну обробку.	Дана вимога виконується оскільки отворів немає.	Не потрібні.
5	Для можливості автоматизації обробки не бажано застосовувати різьбові отвори $\leq \text{Ø } 6 \text{ мм}$.	В деталі не застосовується різьбових отворів.	Не потрібні.
6	В конструкції деталі необхідно передбачати можливість захвату її роботом.	Захват деталі може проводитися роботом за циліндричну поверхню деталі.	Не потрібні.
7	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь має глуху шліфувальну поверхню але має галтель.	Не потрібні.
8	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між полями допусків і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
9	При обробці валів зі шпонковими канавками, надавати перевагу валам зі шпонковими канавками, що обробляються дисковими фрезами.	Вал не має шпонкових канавок.	Не потрібні.
10	Вали повинні мати центри отвори корпусі деталі повинні дозволити багатшпиндельну обробку.	Дана вимога виконується.	Не потрібні.
11	Для можливості автоматизованого складання необхідно передбачати на установчих поверхнях лиски, гонуси і т. ін.	Дана деталь не має лиски.	Не потрібні.

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в даному випадку деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого гідроблицтва.

2.2 Аналіз ліючого технологічного процесу виготовлення

Аналіз технологічного процесу, що діє, при переході з великосерійного на дрібносерійне виробництво включає кілька ключових аспектів.

1. Аналіз поточного процесу.

- технологічні операції (необхідно вивчити послідовність операцій, їх тимчасові витрати та можливі вузькі місця);
- обладнання (потрібно оцінити чи підходить поточне обладнання для дрібносерійного виробництва, чи потрібна його модернізація);
- кадри (потребує аналізу кваліфікація співробітників та необхідність навчання для роботи з новими процесами).

2. Проблеми та обмеження:

- гнучкість виробництва (великосерійне виробництво частіше менш гнучке);
- управління запасами (при дрібносерійному виробництві важливо оптимізувати запаси сировини та готової продукції);
- терміни виконання замовлень (проаналізувати, як перехід вплине на терміни виконання замовлень та задоволення клієнтів).

3. Рекомендації:

- модернізація обладнання (розглянути можливість застосування універсального обладнання, яке може легко перелаштувати для різних продуктів);
- оптимізація процесів (реалізувати методики ощадливого виробництва (Lean) для мінімізації втрат та збільшення продуктивності);
- автоматизація (впровадження автоматизованих систем керування виробництвом допоможе покращити гнучкість та скоротити час перенастроювання);
- навчання персоналу (провести тренінги для співробітників, щоб вони могли адаптуватися до нових технологій та процесів);
- планування виробництва (розробити гнучкіші системи планування, що дозволять оперативно реагувати на зміни у попиту).

4. Моніторинг та оцінка:

- ключові показники ефективності: (встановити їх для відстеження успішності переходу на дрібносерійне виробництво та оперативно реагувати на відхилення);
- зворотній зв'язок (організувати регулярні зустрічі з персоналом для обговорення проблем та пошуку рішень).

Ці кроки допоможуть ефективно перейти з великосерійного на дрібносерійне виробництво, забезпечуючи гнучкість та задоволення потреб.

2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталей 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:

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i \quad (2.3)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня повної 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:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / \lg 46 \quad (2.4)$$

Приклад, для обробки поверхні Ø55k6. Допуск за кресленням 0,019 мм, допуск заготовки 2,5 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,5}{0,019} = 131,6.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 131,6}{0,46} \approx 4,6$$

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

1	2	3	4	5	6	7	8	Можливі маршрути обробки поверхонь		11	12	13	14
								9	10				
Операції	Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Номер маршруту	Перехід МОП	Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
015	1	14	0,87	6,3	2,9	16	3,3	1	Точіння чорнове	14	87	3,3	3,3
	2	14	0,87	6,3	2,9	16	3,3	1	Точіння чорнове	14	87	3,3	3,3

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
035	1,2	14	0,87	6,3	4,5	17	5,28	1	Фрезерування чорнове	14	0,87	5,28	5,28
040	1	14	0,87	6,3	2,9	16	3,3	1	Точіння чорнове	14	0,87	3,3	3,3
	2	14	0,87	6,3	2,9	16	3,3	1	Точіння чорнове	14	0,87	3,3	3,3
050, 055									Точіння чорнове	13	0,46	6,21	136,6
	1	6	0,19	1,6	2,6	17	13,8	1	Точіння чистове	9	0,074	5,65	
									Шліфування	6	0,019	3,89	
050	2	14	0,87	6,3	3,5	17	4,02	1	Точіння чорнове	14	0,87	4,02	4,02

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

Продовження таблиці 2.3

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

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, керетину 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:

$$z_{0 \max} - z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.6)$$

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 $\varnothing 55k6$ мм

Техно-логічний перехід	Елемент припуску, МКМ				Розр. припуск $2Z_{\min}$ МКМ	Розр. d_p , мм	Доп., δ , МКМ	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, МКМ	
	R_z	T	Δ	δ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Штампування	200	250	200	-		56,652	2600	56,652	59,252	-	-
Чорнове точіння	50	50	25	-	$2 \cdot 650$	55,352	460	55,352	55,812	3440	1300
Чистове точіння	25	25	-	-	$2 \cdot 125$	55,102	77	55,102	55,176	636	250
Шліфування	5	5	-	-	$2 \cdot 50$	55,002	19	55,002	55,021	155	100
								Σ		4231	1650

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_{\text{д}}; \quad (2.7)$$

$$4231 - 1650 = 2600 - 19$$

$$2581 = 2581.$$

Графічне розташування припусків та міжопераційних розмірів деталі наводимо на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та міжопераційних розмірів для обробки поверхні $\varnothing 55k6$ мм

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

Таблиця 2.5 – Припуски на обробку поверхонь деталі

№ оп.	№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм
1	2	3	4	5
035	1 2	Торець	Фрезерування одноразове	11
040	1	Циліндрична	Точіння чорнове	10
	2	Циліндрична	Точіння чорнове	10
050	2	Циліндрична	Точіння чорнове	9

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (токарна 050) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленник пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Перевагою такого пристосування є наявність центрів, що одночасно центрують і затискають заготовку. Патрон призначений для базування і передачі крутного моменту заготовкам деталей типу «Бад», встановленим у передньому плаваючому і задньому центрах токарного верстату ЗІТК моделі 16К2071.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – стакан; 2 – фланець; 3 – диск; 4 – корпус; 5 – диск; 6 – кільце; 7 – палець; 8 – центр, 9 – під'ятник; 11 – болт; 12-14 – гвинт; 15 – пружина; 16 – штифт.

У корпусі 4 патрона встановлено чотири загострених ведучі пальці 7. Для розміщення пальців в корпусі виконані отвори розміщені по колу трьох різних діаметрів. В залежності від діаметра оброблюваної заготовки пальці встановлюють у відповідні отвори і закріплюють штифтом 16, які фіксуються кільцем 6. Штифти запобігають повороту пальців. Горці штирів опираються на п'яту, яка контактує з сферичною поверхнею під'ятника 9 для компенсації можливого биття торця заготовки. Кріпиться до фланця шпинделя верстата шпилькою і гайкою, змінний фланець 2 з отвором, що відповідає посадочному конусу фланця шпинделя верстата. Регулювання вильоту центра 8 і зусилля пружини 15 відбувається за допомогою

обертання центра і стакану 1 за передбачені для цієї мети лиски. При установці заготовки треба підвести центровий отвір до центра патрону, після чого обертаний центр задньої бабки підтискає заготовку в осьовому напрямку, пальці втискаються у торці заготовки.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Затискне пристосування повинно надійно затиснути оброблювану деталь, яка в процесі точіння знаходиться під дією зусилля різання. При цьому деталь закріплена таким чином, що зусилля затиску не викликає її деформації [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Для розрахунку затискних елементів пристосування потрібно визначити зусилля затиску. З врахуванням забезпечення надійності сили маємо, що

$$W = \frac{\beta \cdot P_x \cdot d_o}{f \cdot 2} \quad (3.1)$$

де β – коефіцієнт надійності затиску ($\beta=1,3-1,5$);

P_x – сила різання, Н;

d_o – діаметр точіння, мм;

f – коефіцієнт тертя ($f=0,1-0,15$).

Розраховуємо силу різання при точінні за формулою:

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.2)$$

де C_p – коефіцієнт, 67;

t – глибина різання, мм, 1,5;

S – подача, мм/об, 0,3;

V – швидкість різання, м/хв. (не розраховуємо, т.я. показник ступеня 0);

x, y, n – показники ступеня ($x = 1,2$; $y = 0,65$; $n = 0$).

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_P = K_{mP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \quad (3.3)$$

де $K_{mP} = 1,08$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi P} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma P} = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda P} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза;

$K_{rP} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині.

Тоді

$$K_P = 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 1,03.$$

$$P_x = 10 \cdot 67 \cdot 1,5^{1,2} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 1 \cdot 1,03 = 513,3 \text{ (Н)}.$$

Визначимо зусилля затиску:

$$W = \frac{1,5 \cdot 513,3 \cdot 0,1}{0,15 \cdot 2} = 256,7 \text{ (Н)}.$$

3.3 Проектування металоконструкцій крану

Для розрахунку металоконструкції і підбору перерізів складових частин крану, знайдемо всі сили і моменти які діють на кран.

Спочатку знайдемо силу F . Вона буде складатися з Q_v – маси вантажу, Q_t – маси талі, помножені на k_o – коефіцієнт динамічності, k_o – коефіцієнт безпеки:

$$F = Q_v \cdot k_o \cdot k_o + Q_t, \quad (3.4)$$

$$F = (500 \cdot 1,2 \cdot 1,4 + 100) \cdot 10 = 9400 \text{ (Н)}.$$

Будемо розглядати конструкцію по частинах. Спочатку розглянемо частину, яка має вигляд, зображений на рисунку 3.2

Рисунок 3.2 – Схема дії сил N_1 , N_2 , що виникають у стрижнях від дії сили F .

Знайдемо сили N_1 , N_2 , які виникають у стержнях від дії сили F :

$$\sum Y = 0: N_1 \cdot \sin \alpha - F = 0 \quad (3.5)$$

$$N_1 = 9400 / \sin 12^\circ = 45211 \text{ (Н)}.$$

$$\sum X = 0: N_1 \cdot \cos \alpha - N_2 = 0; \quad (3.6)$$

$$N_2 = 45211 \cdot \cos 12^\circ = 44223 \text{ (Н)}.$$

Підберемо переріз швелера. Швелер працює тільки на розтяг від дії сили N_1 . Знаючи, що $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$, визначимо площу поперечного перерізу виходячи з умови:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma], \quad (3.7)$$

$$A = \frac{45211}{160 \cdot 10^6} = 282,5 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Знаючи площу, вибираємо швелер №5П.

Момент від сили F становить:

$$M=9400 \cdot 2,175=20445 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Розглянемо стержень 2 в трьох варіантах.

Перший – коли вантаж знаходиться на максимальному вильоті (рисунок 3.3).

Рисунок 3.3 – Схема реакцій які виникають від дії сили F , коли вантаж в кінці вильоту

Тоді $R_B=9,4 \text{ кН}$.

Другий – коли вантаж знаходиться по середині вильоту (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 – Схема реакцій які виникають від дії сили F , коли вантаж по середині вильоту

$$R_A = R_B = 0,5F \quad (3.8)$$

$$R_A = R_B = 9400 / 2 = 4700 \text{ (Н)}.$$

Гретій – коли вантаж знаходиться на мінімальному вильоті (рисунок 3.5).

Рисунок 3.5 – Схема реакцій, які виникають від дії сили F, коли вантаж на початку вильоту

$$R_B = \frac{F \cdot 0,235}{2,01}, \quad (3.9)$$

$$R_B = 9400 \cdot 0,235 / 2,01 = 1075 \text{ (Н)}.$$

$$R_A = \frac{F \cdot 1,775}{2,01} \quad (3.10)$$

$$R_A = 9400 \cdot 1,775 / 2,01 = 8325 \text{ (Н)}.$$

Підберемо двотавр, виходячи з найбільшого моменту. Найбільший момент, що виникає у двотаврі, буде в другому випадку і становить $M=4870 \text{ Нм}$ ($9400 \cdot 2,075/4$).

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma]. \quad (3.11)$$

Момент опору буде дорівнювати:

$$W = 4870 / (160 \cdot 10^6) = 30,43 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}.$$

Згідно умов, що до обраної талі і отриманого W обираємо двотавр №16Б1 (маса=25,6 кг), який задовольняє всім умовам.

Знаючи номер двотавру розрахуємо прогин стріли. Він розраховується для випадку, коли вантаж знаходиться посередині стріли за формулою:

$$f = \frac{Fl^3}{48EI} \quad (3.12)$$

де $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа;

$J_x=873$ см⁴ – для двотавру №16.

$$f = \frac{9,4 \cdot 201}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 873} = 0,86 \text{ (мм)}.$$

Такий незначний прогин суттєво не вплине на робочі характеристики крану, тому обраний двотавр для стріли нас повністю задовольняє.

Розрахуємо момент, який виникає у точці контакту колонні двотаврової балки. Для цього розглянемо випадок коли вантаж знаходиться у кінцевому положенні, тому що в цьому випадку момент буде максимальним (рисунок 3.6).

Знайдемо R , знаючи реакцію N_1 :

$$R = \frac{F \cdot 2,175}{0,478} \quad (3.13)$$

$$R = \frac{9,4 \cdot 2,175}{0,478} = 42770 \text{ (Н)}.$$

Рисунок 3.6 – Сила R, що виникає від дії сили F, коли вантаж у кінці вильоту

Тепер розрахуємо момент:

$$M_R = 42770 \cdot 478 \cdot 10^{-3} = 20440 \text{ (Н·м)}.$$

Перевіримо кран у небезпечному перерізі на згин. Момент у цій точці буде складатися з двох моментів: дії на колону момент, який виникає від дії сили R.

Отже,

$$M_{ин} = M_R + M \quad (3.14)$$

$$M_{ин} = 20,44 + 21,54 = 41,98 \text{ (кН·м)}.$$

Оскільки,

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma] \quad (3.15)$$

де $[\sigma] = 980 \text{ МПа}$ для сталі 40Х.

Момент опору:

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \quad (3.16)$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 55^3}{32} = 16325,5 \text{ (мм}^3\text{)},$$

де $D=55 \text{ мм}$ – діаметр валу.

Отже:

$$\frac{41,98 \cdot 10^3}{1632,5 \cdot 10^{-9}} = 2,57 \cdot 10^6 < 980 \cdot 10^6 \text{ (Па)}.$$

Вал має значний запас міцності.

Знайдемо момент, що діє на весь край. Він буде складатися з сили F та ваги металоконструкції P_M (становить 100,76 кг). Розглянемо два випадки, коли вантаж знаходиться на кінці та на початку стріли.

Якщо вантаж знаходиться на кінці момент становитиме:

$$M_1 = F \cdot 2,175 + P_M \cdot \frac{l}{2}; \quad (3.17)$$

$$M_1 = 9,4 \cdot 2,175 + 1,0076 \cdot 1,087 = 21,54 \text{ (кН}\cdot\text{м)}.$$

Якщо у початковому положенні:

$$M_2 = F \cdot 0,5 + P_M \cdot \frac{l}{3}; \quad (3.18)$$

$$M_2 = 9,4 \cdot 0,5 + 1,0076 \cdot 1,087 = 5,79 \text{ (кН}\cdot\text{м)}$$

$$W = \frac{M}{[\sigma]}.$$

Для розрахунку моменту опору візьмемо максимальний момент:

$$W = \frac{21,54 \cdot 10^3}{160} = 134,62 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Беремо трубу діаметром $D = 200$ мм ($d = 180$ мм) зі сталі 20.

Знайдемо W для труби:

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32} (1 - \alpha^3), \quad (3.19)$$

$$\alpha = \frac{d}{D}; \quad (3.20)$$

$$\alpha = \frac{180}{200} = 0,9.$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,2^3}{32} (1 - 0,9^3) = 212,73 \text{ (см}^3\text{)}.$$

$$134,62 < 212,73.$$

Умова виконується, отже обрана труба нам підходить.

Перевіримо колону на стійкість. Для цього визначимо критичну силу, що зімне колону.

Спочатку знайдемо λ щоб визначити методику розрахунку.

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} \quad (3.21)$$

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (3.22)$$

$$I_x = \frac{\pi D^4}{64} (1 - \lambda^4) \quad (3.23)$$

$$I_x = \frac{3,14 \cdot 200^4}{64} (1 - 0,9^4) = 26996150 \text{ (мм}^4\text{)}.$$

$$A = \frac{\pi D^2}{64} (1 - \lambda^2) \quad (3.24)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 200^2}{64} (1 - 0,9^2) = 5966 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

$$i = \sqrt{\frac{26996150}{5966}} = 67,3.$$

Оскільки колона – це стрижень, закріплений з одного боку то $\mu=2$.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 4380}{67,3} = 130.$$

Якщо $\lambda = 130 > 100$, то розрахунок будемо вести за формулою Ейлера.

Критична сила знаходиться за формулою:

$$F_{cr} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2699 \cdot 10^{-8}}{8,76 \cdot 10^{-6}} = 63,08 \text{ (кН)},$$

де $\mu \cdot l = 2 \cdot 4380 = 8760 \text{ (мм)}$;

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

А вертикальна сила, що діє на колону дорівнює:

$$V = 9400 + 1007,6 = 10500 \text{ (Н)}.$$

Звідси ми бачимо, що колона має запас міцності.

3.4 Розрахунок фундаменту

Розміри і вагу фундаменту визначають із умови стійкості крану від дії вертикальної сили і моменту і виду ґрунту. Орієнтовано підрахувавши приймаємо фундамент з розмірами $1,2 \times 1,2 \times 1,2$, об'єм $1,728 \text{ м}^3$, маса 4 т .

Вага фундаменту згідно з умовою стійкості:

$$G_{\phi} = \frac{2Mk}{b}, \quad (3.25)$$

$$G_{\phi} = \frac{2 \cdot 2,154 \cdot 1,4}{1,2} = 5,026 \text{ (т)}.$$

де $M=2,154 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент, діючий на кран;

$k=1,4$ – мінімальний коефіцієнт вантажної стійкості.

Напруження на змицання між підлогою фундаменту і ґрунтом від дії вертикальної сили:

$$\sigma_v = \frac{Y + G}{A_n^2} \quad (3.26)$$

$$\sigma_v = \frac{1177 + 4000}{120^2} = 0,359 \text{ (кгс/см}^2\text{)}.$$

Напруження на змицання від дії моменту:

$$\sigma_{\text{зг}} = M / W_n$$

$$\sigma_{зг} = 215400 / 2036467,53 = 0,106 \text{ (кгс/см}^2\text{)},$$

де момент опору підшви фундаменту відносно осі, перпендикулярній до площини дії моменту

$$W_n = \frac{\sqrt{2}}{12} b^3 = \frac{\sqrt{2}}{12} 120^3 = 2,036 \cdot 10^6 \text{ см}^3$$

Стис не буде розкриватися при дотриманні умови:

$$\sigma_v \geq \varepsilon \sigma_m,$$

де $\varepsilon = 1,5$ – коефіцієнт запасу.

$$0,359 \geq 1,5 \cdot 0,106 = 0,159$$

Сумарне напруження зминання ґрунту

$$\begin{aligned} \sigma_{см} &= \sigma_v + \sigma_m \leq [\sigma]_{см} \\ \sigma_{см} &= 0,359 + 0,106 = 0,465 \text{ кгс/см}^2 \end{aligned} \quad (3.27)$$

Згідно отриманих результатів фундамент забезпечить нормальну роботу на всіх ґрунтах окрім болотистого ґрунту і торфу.

3.5 Розрахунок анкерних болтів

Для визначення будемо вважати, що стріла знаходиться по осі X-X проходячи через центри двох болтів (рисунок 3.7).

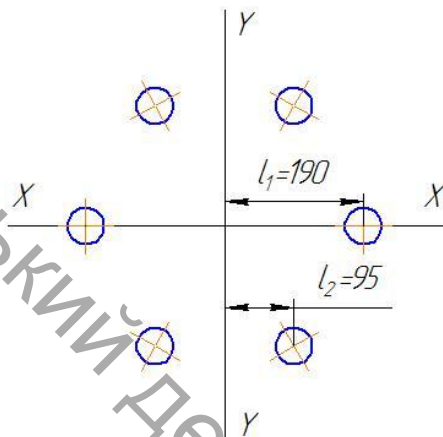


Рисунок 3.7 – Схематичне зображення болтів

Максимальне навантаження на болт від моменту

$$P_1 = \frac{M \cdot l_i}{l_1^2 i_1 + l_2^2 i_2 + \dots + l_n^2 i_n} \quad (3.28)$$

де i – кількість навантажених болтів.

$$P_1 = \frac{2154 \cdot 0,190}{0,190^2 + 0,095^2 \cdot 2} = 7557,8 \text{ кг}$$

Від дії вертикальних сил болти будуть розвантажуватись, тому величина розвантажувальної сили становитиме:

$$P_v = \frac{V}{i}$$

$$P_v = \frac{1050}{6} = 0,175 \text{ м} \quad (3.29)$$

Розрахункове навантаження на болт

$$P = P_1 - P_v \quad (3.30)$$

$$P = 7557,8 - 175 = 7382,8 \text{ (кг)}.$$

Затяжка болта повинна бути такою, щоб при максимальному завантаженні краю не відбуло розкриття стику. Тому діаметр визначають з подвійного розрахункового навантаження $P_p = 2 \cdot 7382,8 = 14765,6 \text{ кг}$

$$d = \sqrt{\frac{P_p}{\pi [\sigma]_p}} \quad (3.31)$$

$$d = \sqrt{\frac{14765,6}{3,14 \cdot 1000}} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ (м)},$$

$[\sigma]_p$ – допустиме напруження при розтягуванні для болта виготовленого зі сталі Ст4.

Фундаментні болти діаметром менше 20 мм не застосовують незалежно від результатів отже обираємо $d=20$ мм.

Після проведених розрахунків обрані матеріали основних частин металоконструкції зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матеріали основних частин металоконструкції крану

№	Елемент конструкції	Прокат	Матеріал
1	Стріла	№1СБ	Ст 3сп
2	Укосина	№5П	Ст 3сп
3	Колона	Труба 20010	Сталь 20
4	Вал	-	Сталь 40Х

5	Кришка	Лист 207002000	Сталь 20
6	Плита	Лист Б-ПН 16	Ст 3сп
7	Косинки	Лист Б-ПН 16	Ст 3сп
8	Анкерні болти	-	Ст 4сп

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал», що виготовляється зі сталі 40Х, способи отримання заготовок: вільне кування та штампування на молотах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Процес кування полягає у деформуванні нагрітої заготовки між бойками молота або преса за допомогою універсального інструменту. Залежно від устаткування, що застосовують, розрізняють кування машинне, що виконується молотом або пресом, та ручне, яке здійснюють за допомогою молотка та ковадла.

Куванням виготовляють звичайно преси за формою заготовки масою до 300 тон і здебільшого в умовах одиничного та серійного виробництва.

Перед куванням виготовляють початкові (вихідні) заготовки. Під час гарячої обробки матеріалів тиском завжди здійснюють нагрівання вихідних заготовок, інколи навіть декілька разів. Широко використовують полум'яний та електричний способи нагрівання. Часто нагрівання заготовок здійснюють у розтоплених солях і склі, у безкисневому середовищі та вакуумі. Внаслідок нагрівання заготовок у соляних ваннах і в склі на поверхні утворюється плівка, що захищає їх від окислення під час нагрівання, транспортування та кування. Захисна плівка має також змащувальні властивості, що полегшує роботу деформування заготовки.

Переваги виготовлення заготовки вільним куванням – висока якість металу, універсальність устаткування та інструменту, можливість виготовлення заготовок значних розмірів і мас на малопотужному устаткуванні.

До недоліків технологічних процесів вільного кування заготовки належать порівняно низька продуктивність праці, велика трудомісткість, невисока точність форми та розмірів заготовок, підвищені витрати металу на напуски, вигорання, уковування, збільшені припуски на механічну обробку, потреба у високій кваліфікації робітників, важкі умови праці, труднощі з механізацією та автоматизацією виробничих процесів.

При об'ємній штамповці формоутворення заготовки проходить у порожнині спеціального інструменту – штампу. Штамповка може виконуватися в холодному та гарячому стані. Об'ємною штамповкою отримують заготовки різної форми, масою від декількох грам до однієї тони та більше.

Залежно від типу штампу розрізняють штампову у відкритих, закритих штампах, у штампах для видавлювання.

Гаряча штамповка може виконуватися тільки у закритих штампах. Характерно, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаєморухливість і в процесі деформації металу захищається постійним. Відсутність заусенців в закритих штампах зменшує використання металу, виключає необхідність в їх обробці.

Штампкування кованок виконують за допомогою складних і стаціонарно закріплених до бойків молота штампів за 3...5 ударів. Для штампкування кованок використовують такі молоти: пневматичні, пароповітряні, фрикційні, гвинтові, гідравлічні, безшпоботні з рухомою нижньою бабкою тощо. Маса падаючих частин штампувальних молотів звичайно в 500...1000 разів більша від маси кованки та визначається залежно від потрібної потужності на виконання роботи деформування металу кованки. Виготовляють молоти з масою падаючих частин від 630 до 2500 кг.

Штампкування на молотах дає змогу регулювати енергію ударів та їх частоту, деформувати кованки в кожному окремому рівчаку за один чи декілька ударів та забезпечує (порівняно зі штампкуванням на кранах) кращі умови заповнення порожнини рівчаків штампів, що пояснюється великою швидкістю деформування металу.

Перевагами штампкування, порівняно з вільним куванням, є більша точність форми, розмірів і якість поверхонь кованок, можливість виготовлення складних за формою заготовок, вищий коефіцієнт використання матеріалу та продуктивності праці, нижчі вимоги до кваліфікації робітників, ліпша придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів.

Недоліками штампування на молотах є: малий коефіцієнт корисної дії, складність і висока вартість технологічного оснащення, швидке зношування штампів, недопустимість використання складних штампів, потреба в устаткуванні великої потужності, труднощі з використанням закритих штампів і штампів для висаджування. Крім цього, штампувальні молоти вимагають для їх установаження громіздких фундаментів, наявності котельних чи компресорних станцій, створюють сильний шум у процесі їх роботи.

Штампування на молотах малих і середніх кованок часто неекономічне, тому їх виготовляють по дві, три та більше в одному штампі.

Кількість і послідовність переходів штампування кованок на молотах в основному визначається складністю їх форми. За конструктивно-технологічною складністю форми гарячештамовані кованки поділяють на чотири групи за зростанням їх складності. На молотах виготовляють кованки тільки перших трьох груп. В нашому випадку заготовка відноситься до першої групи складності.

Обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки можна виконувати виходячи з умов мінімізації ціни чи трудомісткості обробки заготовки та максимального коефіцієнту використання матеріалу або виходячи з умов мінімізації сумарної ціни чи трудомісткості виготовлення заготовки та подальшої її обробки.

Бракуючи, що визначення ціни деталей та виробів є достатньо трудомістким процесом, що вимагає детальної розробки технологічного процесу виготовлення заготовки та її подальшої обробки, нормування часу та значних розрахунків, часто для попереднього обґрунтування вибраних методів виготовлення заготовки користуються чинними цінниками на вилізку, кованки, прокат тощо. Ціну чи вартість подальшої обробки, у цьому випадку, визначають наближено.

Ціну кованки визначаємо:

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

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

G_g – маса деталі, кг, $G_g = 9,9$ кг.;

G_k – маса козачки, кг,

$$G_{k(\text{кув-я})} = \frac{9,9}{0,5} = 19,8 \text{ (кг)};$$

$$G_{k(\text{штам-я})} = \frac{9,9}{0,7} = 14,1 \text{ (кг)}.$$

K_{TK} , $K_{СК}$, $K_{МК}$, $K_{ПК}$, $K_{ВК}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувального обладнання;

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

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

Знаходимо для заготовки деталі вал:

- ступінь складності С2;
- група сталі М2,
- клас точності Т5;
- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{TK}=1,23; K_{СК}=1,14; K_{ВК(\text{кув-я})}=0,9; K_{ВК(\text{штам-я})}=0,9; K_{ПК}=1,15; K_{МК}=1,23.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 40Х – 47650 грн. за тону, оптову ціну відходів сталі 40Х – 8000 грн.

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

$$C_{B.KVB} = 0,001(47650 \cdot 19,8 \cdot 1,23 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot 0,9 - (19,8 - 9,9) \cdot 8000) = 1605 \text{ грн.};$$

$$C_{III} = 0,001(47650 \cdot 14,1 \cdot 1,23 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot 0,9 - (14,1 - 9,9) \cdot 8000) = 1165,7 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням річної програми випуску:

$$E = (1605 - 1165,7) \cdot 100 = 43930 \text{ (грн.)}$$

Висновок: як видно із розрахунків ціна кованок, отриманих штампуванням на молотах, нижча за ціну кованок цільного кування.

4.2 Заходи з охорони праці у штампувальному цеху

Заходи з охорони праці у штампувальному цеху є важливими для забезпечення безпеки працівників та зниження ризиків травматизму [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]. Розглянемо основні серед них.

1) навчання персоналу:

- регулярні інструктажі (проведення вступних інструктажів для нових співробітників та періодичних інструктажів для всіх працівників. Темі повинні включати безпечні методи роботи, використання обладнання та поведінку в екстрених ситуаціях);

- симуляційні тренування (організація тренувань щодо дій у надзвичайних ситуаціях, таких як пожежа чи аварія);

2) використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ):

- визначення необхідних ЗІЗ (залежно від специфіки роботи, визначити та закупити необхідні засоби захисту: захисні окуляри, каски, рукавички, захисне взуття, слухові захисні пристрої);

- контроль використання ЗІЗ: (продовити регулярні перевірки щодо використання ЗІЗ та їх стану, а також навчання з правильного використання);

3) організація робочого місця:

- ергономіка (робочі місця відповідають вимогам ергономіки, мінімізуючи фізичні навантаження на працівників);
- чистота та порядок (забезпечити регулярне прибирання робочих місць, щоб уникнути забруднення та ризику падінь);

4) перевірка обладнання:

- регулярні огляди (впровадити графік технічного обслуговування обладнання з обов'язковою перевіркою стану);
- документація (вести облік усіх перевірок та ремонтів обладнання, щоб мати можливість відстежувати історію його використання та стану);

5) сигнальна система:

- візуальні та звукові сигнали (встановити знаки та покажчики, що попереджають про можливі небезпеки (наприклад, «Обережно! Рухомі частини»);
- навчання реагування на сигнали (навчити працівників, як правильно реагувати на сигнали тривоги та попередження);

6) усунення небезпек:

- ідентифікація ризиків (регулярно проводити аналіз виробничих процесів виявлення потенційних джерел небезпеки (наприклад, гострі краї, гарячі поверхні);
- захисні огорожі (встановити захисні пристрої та огорожі на небезпечних ділянках обладнання);

7) аварійне реагування:

- план дій (розробити чіткий план дій у разі аварії, включаючи евакуацію, надання першої допомоги та інформування служб екстреної допомоги);
- навчальні тренування (проводити регулярні навчання для відпрацювання плану дій в екстрених ситуаціях);

8) регулярний моніторинг стану здоров'я:

- медичні огляди (організувати періодичні медичні огляди працівників задля раннього виявлення професійних захворювань);

- вакцинації та профілактика (надавати інформацію та можливості для вакцинації від захворювань, пов'язаних з умовами праці);

9) психологічна підтримка:

- створення комфортної атмосфери (впровадження практик, що сприяють хорошему психологічному клімату, наприклад, тимбілдинги та заходи щодо підвищення морального духу);

- консультації з психологами (пропозиція послуг психолога чи консультанта для підтримки працівників у складних ситуаціях);

10) аналіз інцидентів:

- реєстрація подій (вести облік усіх інцидентів та нещасних випадків, щоб проводити аналіз причин їх виникнення);

- розробка заходів профілактики (на основі аналізу інцидентів розробляти та впроваджувати додаткові заходи безпеки та коригувальні дії);

Саме ці заходи допоможуть створити безпечне та ефективне робоче середовище у штампувальному цеху, мінімізувати ризики та підвищуючи продуктивність.

4.3 Вплив штампування на довкілля

Штампувальні операції можуть суттєво впливати на довкілля через різні аспекти, такі як викиди, відходи та споживання ресурсів.

1) викиди забруднюючих речовин:

- газові викиди (процеси пов'язані з нагріванням та обробкою металів, можуть виділяти шкідливі гази, наприклад, оксиди азоту та вуглецю);

- пилю та частинки (штампування може призводити до утворення металевого пилю та частинок, які можуть забруднювати повітря);

2) відходи:

- відходи металів (під час штампування утворюються обрізки та відходи, які можуть займати місце на звалищах);

- хімічні відходи (використання мастильних та охолоджуючих рідин може призводити до утворення забруднюючих відходів);

3) споживання ресурсів:

- енергетичні ресурси (штампувальні процеси вимагають значної кількості енергії, що може спричинити збільшення вуглецевого сліду);

- вода (використання води в охолоджуючих системах та для очищення може негативно впливати на водні ресурси).

Заходи щодо покращення наступні:

1) зниження викидів:

- фільтрування та очищення (встановлення систем фільтрації та очищення повітря для видалення забруднюючих речовин);

- енергозберігаючі технології (впровадження сучасних енергозберігаючих технологій та обладнання для зменшення викидів);

2) управління відходами:

- переробка (організація системи переробки металевих відходів, щоб мінімізувати обсяг відходів, що відправляються на звалища);

- збір та утилізація (створення ефективних систем збирання та безпечної утилізації хімічних відходів).

3) ефективне використання ресурсів:

- енергоефективні технології (впровадження нових технологій, що знижують споживання енергії, наприклад, використання сервоприводів замість пневматичних систем);

- заміщення ресурсів (дослідження та впровадження альтернативних матеріалів та технологій, які вимагають менше енергії та ресурсів).

4) стійке проектування:

- оптимізації процесів (перегляд та оптимізація штампувальних процесів для зменшення відходів та покращення якості продукції);

- циркулярна економіка (інтеграція принципів циркулярної економіки, спрямованих на максимальне повторне використання матеріалів та зниження їх використання);

5) навчання та обізнаність:

- навчання співробітників (проведення навчальних програм для працівників з питань охорони навколишнього середовища та сталого виробництва);

- підвищення обізнаності (участь в екологічних ініціативах та проектах для підвищення обізнаності щодо важливості охорони навколишнього середовища);

б) моніторинг та контроль:

- регулярні перевірки (проведення регулярних екологічних перевірок та моніторингу впливу на довкілля);

- звітність (ведення звітності за екологічними показниками та розробка планів щодо їх поліпшення).

Ці заходи допоможуть не лише знизити негативний вплив штампувальних операцій на довкілля, а й створити більш стійку та ефективну виробничу систему.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення консольного крану. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу колони поворотної. 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 деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу колони поворотної. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 55 \times 6$ мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції токарної обробки валу колони поворотної. Визначено зусилля затиску. Проведено розрахунок металевих конструкцій консольного крану.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки штампуванням. Річний економічний ефект для програми випуску 100 шт. склав 43930 грн. Окрім того, висвітлено питання охорони праці, захисту довкілля у штампувальних цехах машинобудівних підприємств.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик крану консольного, кресленик валу колони поворотної, кресленик штамповки валу, складальний кресленик затискного пристосування для виконання токарної операції обробки.