

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Техніко-технологічне забезпечення виготовлення корпусу
ковзного затвору зрошувальної системи»

КРБ.133ГМбд_21[1].12.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_21[1]
МИРГОРОД Ігор

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Головним фактором запуску зрошувальної системи для сільськогосподарського підприємства є доступність до джерела води. Кількість води повинна бути достатньою для здійснення технологічної операції поливу. Досить частим є використання води із спеціально створених для цієї мети водойм. Застосування зрошування вимагає певних капітальних вкладень, але забезпечує стабільність врожаю. Тому даний вид інвестиції буде окупним.

Середній період окупності зрошувальних систем становить близько 2,5...3 років. Але за умов посухи дана інвестиція може окупитися у 2 рази швидше.

Саме тому розробка, налагодження виробництва, удосконалення конструкцій ковзних затворів для перепускання робочих середовищ у зрошувальних системах є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі є складовою частиною ковзного затвору, що використовується у складі зрошувальних систем підприємств, зайнятих у сфері сільськогосподарського виробництва.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є ковзний затвор зрошувальної системи, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі рчної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;
- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із охорони праці, розглянути вплив підприємств галузі на довкілля;

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Дозоровий випуск води із водонапірної споруди під час зрошування сільськогосподарських угідь здійснюють за допомогою затворів. Вони відрізняються типом приводу, а також конструкцією.

Основні вимоги, які висуваються до затворів: надійне притискання рухомої плити, що виключає протікання робочого середовища; висока зносостійкість металевих частин, що труться; відсутність викривлення деталей; достатня для подолання пікових навантажень потужність і надійність роботи приводу; невисока вартість виготовлення; простота обслуговування.

Існуючі конструктивні рішення затворів можна віднести до одного із двох типів - шиберного або поворотного. У затворі шиберного типу рухома плита в процесі роботи здійснює зворотньо-поступальний хід за допомогою гідравлічного, електромеханічного або пневматичного типу приводу (рисунк 1.1).

Рисунок 1.1 – Спрощена схема роботи шиберного затвору з гідроприводом

Поява поворотних затворів – результат пошуку шляхів підвищення стійкості.

На рисунку 1.2 наведено конструктивну схему ковзного затвору, що винесено на розгляд у даній роботі.

Рисунок 1.2 – Ковзний затвор: 1 – корпус; 2 – чаша; 3 – об'єм;
4 – плита проміжна; 5 – штир; 6 – клин; 7 – пліть; 8 – гвинт; 9 – кожух;
10 – чаша нижня; 11 – плита рухома; 12 – плита нерухома; 13 – кільце нижнє;
14 – кільце верхнє; 15 – чаша верхня; 16 – основа; 17 – підкладка; 18 – клин;
19 – вставка; 20 – болт; 21 – шайба

Завдяки особливостям конструкції поворотні затвори дозволяють за рівних умов не тільки значно підвищити число перекриттів, але і забезпечити плавне регулювання швидкості води без дроселювання струменя.

Аналіз літературних даних про результати роботи ковзних та поворотних затворів дозволяє зробити наступні висновки. Затвори із болтовим притисканням плит відрізняються високою жорсткістю конструкції, що вимагає не тільки ретельного складання, але й контролю за допомогою індикаторів горизонтальності і неплоскостності робочої поверхні рухомої плити. Найхарактернішою причиною, що призводить до поломок окремих вузлів таких затворів, слід вважати значну зміну зусилля притискання плит. Тому привід затвора повинен мати достатній запас потужності для подолання навантажень.

Як вже наголошувалося, шибєрні затвори приводяться у дію за допомогою приводу гідравлічного, пневматичного і електромеханічного типів. Кожен тип приводу має переваги і недоліки, залежні від ряду чинників, тому при виборі схеми приводу затвора перевага віддається тій, що найбільш відповідає особливостям експлуатації.

Технічна характеристика даного вузла представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика затвору ковзного

Параметр	Значення
Хід рухомої плити, мм	120
Діаметр впускного отвору, мм	40...70
Тривалість переміщення плити затвору, с	3...8
Габаритні розміри, мм	630×600×885
Маса, кг	125

Завдяки незначним розмірам та масі гідроциліндра, який установлений на ківш, гідравлічний привід зручний в експлуатації і не захарашує днище ковша.

Елементи гідроприводу, що працюють при тиску масла 12...18 МПа і вище, вимагають особливо точного виготовлення і високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Для надійної роботи гідроприводу потрібні не менше, ніж двократний резерв живлячих маслостаній. Тривалість переміщення плити шибєрного затвора з одного крайнього положення в інше за допомогою гідроприводу залежно від місткості ковша складає 3...8 с.

До переваг пневмоприводу можна віднести: простоту конструкції, ремонту, обслуговування; легкість приведення до робочого стану; безпека в експлуатації у порівнянні із приводами інших типів; простоту дублювання мережі стислого повітря установкою резервних балонів; низькі капітальні витрати на устаткування.

Недоліки даного типу приводу невисока: точність регулювання струменя води через непостійність швидкості руху поршня пневмоциліндру.

Деталлю, обраною для проєктування, є корпус (рисунок 1.3). Є базовою деталлю. Виготовляється із ливарної сталі 45Л за ДСТУ 8781:2018 [16, 36].



Рисунок 1.3 – Корпус

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу точності параметрів корпусу (рисунок 1.4) заповнюємо таблицю 1.2, у якій наведені дані про точність виготовлення даної деталі, а також вимоги до точності. Під час виконання даного підрозділу використовуємо джерела інформації [17, 22, 47, 48].

Рисунок 1.4 – Аналіз точності корпусу

Таблиця 12 - Параметри точності корпусу

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
1,2	Торці	$590 \pm 0,87$ 5	Js14	-	-	12,5
3	Площина	$2 \pm 0,125$	Js14	-	-	12,5
4	Вікно	$240 \pm 0,4$	Js13	-	-	12,5
5	Площина	$139 \pm 0,5$	Js14	-	-	12,5
6	Отвори	$\varnothing 35 \pm 0,3$	Js14	-	-	12,5
7,8	Бічні поверхні	$230^{+0,88}_{+0,42}$	C12	-	-	6,3
9,10	Площини	$140 \pm 0,5$	Js14	 0,1	 0,1	0,8; 1,6
11,12	Площини лап	$157 \pm 0,5$	Js14	-	-	12,5
13,14	Прозувини лап	$280^{+0,68}_{-1,0}$	b12	-	-	6,3
15,16	Стінки лап	$110^{+0,23}$	H11	-	-	3,2
17	Фаска	$5 \times 45^\circ$	Js14	-	-	12,5
18	Отвори	$\varnothing 26 \pm 0,26$	Js14	-	-	12,5
19,20,21	Бічне вікно	$160 \pm 0,5$	Js14	-	-	12,5

Проаналізувавши точність параметрів корпусу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет

точності 12-ий, а мінімальна шорсткість – $R_a=0,8$ мкм. Вона є цілком досяжною під час обробки на металорізальному обладнанні.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Сталь, яка використовується для виготовлення деталі “корпус” для затвору повинна мати високу зносостійкість, а також опиратися викривленню деталі. Таким вимогам задовольняє сталь 45Л ДСТУ 8781:2018 [7, 34, 36]. Вона використовується для виготовлення станин, корпусів, муфт, гальмівних дисків, шестерень, вилок, зірочок та інших деталей, в яких підвищені вимоги щодо твердості і міцності. Сталь добре піддається термічній обробці і має достатньо високу міцність.

Технологічні властивості сталі 45Л: зварюваність – погано; флокеночутливість – нечутлива; схильність до відпускнуї крихкості – не схильна.

Як можливий варіант заміни базової сталі – сталь 50Л. Хімічний склад та механічні властивості цих сталей наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та властивості матеріалу корпусу

Марка матеріалу	Хімічний склад, у %	Механічні властивості
Сталь 45Л	C=0,42...0,5; Si=0,2...0,52; Mn=0,45...0,9; Ni=0...0,45; S=0...0,04; P=0...0,04; Cr=0...0,4; Cu=0...0,3.	$\sigma_B = 600 \text{ МПа}$ $HB = 156...229 \text{ МПа}$ $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$
Сталь 50Л	C=0,47...0,55; Si=0,2...0,52; Mn=0,45...0,9; Ni=0...0,3; S=0...0,035; P=0...0,035; Cr=0...0,3; Cu=0...0,3.	$\sigma_B = 750 \text{ МПа}$ $HB = 159...240 \text{ МПа}$ $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$

Як видно з таблиці сталі мають приблизно однаковий хімічний склад та механічні властивості, тобто вони можуть замінюватись одна одною. Для

забезпечення своїх механічних властивостей корпус піддається трьом етапам термообробки:

- відпал $t=870\text{ }^{\circ}\text{C}$. Витримати 2 год. 30 хв., охолодження з піччю до $t=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, далі на повітрі;

- відпуск високий. $t=520-600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тривалість 5 год. Охолодження на повітрі;

- гартування. Нагрів до $t=870\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Витримати 1 год. 15 хв. Охолодження у маслі.

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в ковзних затворах у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску за формулою [28, 30, 35]:

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

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

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на за частини, 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 за частини.

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

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція затвору ковзного є не дуже складною. Його деталі загалом не вимагають виготовлення високої точності. У даному вузлі мало використовуються стандартні вироби, основна частина деталей виготовляється безпосередньо для даного вузла. Затвори з болтовим притисканням плит відрізняються високою жорсткістю конструкції, що вимагає не тільки ретельного складання, але і контролю за допомогою індикаторів горизонтальності і неплоскостності робочої поверхні рухомої плити. Регулювання затвору виконується без розбирання. У свою чергу при проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів він досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування затвору.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова ковзного затвору дає змогу проводити його складання по вузлову. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність розташування.

У загальному конструкцію затвору ковзного можна вважати технологічною і придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технічних вимог.

Аналіз технологічності деталі „корпус” проводимо з урахуванням особливостей технологічних методів обробки, конкретних умов експлуатації і типу виробництва (таблиця 2.1) [2].

Вузол має у своєму складі стандартні та уніфіковані деталі, що значно спрощує його виготовлення. Наочно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації:

$$y = \frac{N_{ун}}{n}, \quad (2.1)$$

де n – загальна кількість деталей,

$N_{ун}$ – кількість уніфікованих деталей.

$$y = \frac{16}{32} = 0,5.$$

Коефіцієнт стандартизації:

$$Cm = \frac{N_{ст}}{n}, \quad (2.2)$$

де n – загальна кількість деталей,

$N_{ст}$ – кількість стандартних деталей.

$$Cm = \frac{8}{32} = 0,25.$$

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності деталі

№ з. п.	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно. При обробці зовнішніх поверхонь – закріплення пневматичними прихватами.	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Наявність глухих отворів	Ні, технологічно	-
3	Наявність отворів глибиною більше 8d	Деталь відповідає даній вимозі	
4	Чи є скоси або пази під кутами відмінними від 45°?	Ні, технологічно	
5	Чи наявні отвори не-перпендикулярні поверхні?	Таких отворів не має, отже вимога виконується	
6	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідно переробити креслення деталі.

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною.

Проаналізувавши креслення деталі, було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Оскільки в більшості складається з плоских поверхонь, що допускають використання високопродуктивних методів обробки, таких як фрезерна з ЧПК.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Заготовку корпусу отримують литвом у піщано-глиняні форми з ручним формуванням, хоча даний метод є дешевий, але вимагає завищених припусків на обробку. Тому нами запропоновано виготовляти заготовки литвом у піщано-глиняні форми з машинним формуванням опок.

Оскільки корпус виготовляється в умовах одиничного виробництва, то при його виготовленні на підприємстві використовують стандартні універсальні пристосування, універсальні верстати, різальний інструмент. В умовах середньосерійного виробництва пропонується використовувати верстати із ЧПК та пристосування спеціальної конструкції. Це призведе до збільшення продуктивності праці, збільшення точності, виключить ручні розміточні роботи, можлива швидка переналадка на випуск нових деталей.

Використання прогресивного різального інструменту дозволить зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь.

Зменшення штучного часу виготовлення деталі, а відповідно і затрати енергії, інструменту дає змогу зменшити собівартість деталі.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. [48]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1.5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Можливі методи обробки поверхонь деталі подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти технологічних методів обробки деталі

№ поверхні	Розмір поверхні	Допуск заготовки, T_3 заготовки	Допуск деталі, T_d	Уточнення	Кількість переходів	Варіанти методів обробки	
						1	2
1	2	3	4	5	6	7	8
1,2	$596 \pm 0,875$	2400	1750	1,37	1	1. Фрезерування торців	1. Фрезерування торців
5	$139 \pm 0,5$	2400	100 0	2,4	2	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування напівчистове	1. Строгальна 2. Фрезерування напівчистове
7,8	$230^{+0,88}_{+0,42}$	2200	16	47,8	2	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування напівчистове	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування напівчистове

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
100	160±0,5	2400	1000	2,4	2	1.Фрезерування чорнове 2.Фрезерування напівчистове	1.Фрезерування чорнове 2.Шліфування

Економічним є 4-й варіант обробки корпусу, бо необхідні параметри точності досягаються на меншій кількості верстатів.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки будуємо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схем базування та призначених металургічних верстатах.

Технологічний маршрут зі стислим змістом операцій наведений у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Схема маршруту обробки корпусу

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005	-	Литво заготовки.
010	Піч термічна	1. Відпал $t=870$ С. Витримати 2 год. 30 хв. охолодження з піччю до $t=200$ С, далі на повітрі. 2. Відпуск високий. $t=520-600$ С. Тривалість 5 год. Охолодження на повітрі. 3. Закалювання. Нагрів до $t=870$ 10 С. Витримати 1 год. 15 хв. Охолодження в маслі.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
015	Консольний, вертикальний фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171С5.	<p>Встановити та зняти деталь.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати торці корпусу поверхні 1 та 2 та площини лап 3. 2. Фрезерувати основу корпусу 5 попередньо і остаточно. 3. Фрезерувати контур вікна 4. 4. Зацентрувати 4 отвори $\varnothing 6,3$. 5. Свердли 4 отвори $\varnothing 22$. 6. Розсвердли 4 отвори $\varnothing 35$.
020	Консольний, вертикальний фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171С5.	<p>Встановити та зняти деталь.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати внутрішні бокові стінки корпусу 7 та 8 попередньо і остаточно, а також площину "В". 2. Фрезерувати площину "Б" попередньо і остаточно, а також зачищення на площині "Б". 3. Фрезерувати площину "В". 4. Фрезерувати проушини лап. 5. Свердли 4 отв. на лапах $\varnothing 16$. 6. Розсвердли 4 отв. на лапах витримуючи розмір $\varnothing 26$.
025	Горизонтально-фрезерний верстат 6Д82Г.	<p>Встановити та зняти деталь</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вирізати перемичку по вікну корпусу
030	Верстак слюсарний	Зачистити заусенці і притупити гострі кромки.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
035	Стін БТК	Контролювати точності згідно з кресленням.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня $140 \pm 0,5$ мм.

Як відомо, розрахунковий припуск при послідовній обробці поверхонь (односторонній припуск) – це різниця між найменшими граничними розмірами на суміщених технологічних переходах:

$$z_{\min} = L_{i \min} - L_{i-1 \min} \quad (2.5)$$

де z_{\min} - мінімальний припуск на розмір,

$L_{i \min}$ - мінімальний розмір на попередньому переході,

$L_{i-1 \min}$ - мінімальний розмір на переході, що виконується.

Мінімальний припуск при послідовній обробці протилежних поверхонь

$$z_{i \min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \delta_{i-1} + \varepsilon_{yi} \quad (2.6)$$

де $R_{z_{i-1}}$ - висота мікронерівностей,

T_{i-1} - глибина дефектного шару, для заготовок виготовлених литвом у піщані форми з машинним формуванням при використанні металевих моделей
 $R_z + T = 500$ мкм;

ρ_{i-1} - сумарне значення просторових відхилень;

δ_{ρ} - похибка встановлення на переході, що виконується.

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 $140 \pm 0,5$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск Z_{min} , мкм	Розр. розмір L_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ϵ				L_{min}	L_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Заготовка	500		1030	-	-	142,33	200	142,33	144,3	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	700	500	2030	140,3	160	140,3	141,9	2,03	2,43
Фрезерування напівчистове	25	25	500	-	890	139,5	190	139,5	140,5	0,8	1,4
Усього										2,83	3,83

Проводимо перевірку правильності розрахунку.

$$2 \cdot Z_{max} - 2 \cdot Z_{min} = \delta_z - \delta_d \quad (2.7)$$

$$3,830 - 2,830 = 2 - 1,$$

$$1 = 1.$$

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на розмір $140 \pm 0,5$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками. Отримані результати заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на поверхні корпусу

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5	6
1,2	Торці, $l=410$	Фрезерування чорнове	8	14	$\pm 0,875$
4	Вікно, $R=95$	Фрезерування чорнове	4	14	$+1,5$

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
5	Площина, $l=139\pm 0,5$	Фрезерування попереднє	4	15	$\pm 0,8$
		Фрезерування остаточнє	2	14	$\pm 0,5$
7,8	Торці, $l=230^{+0,88}_{+0,42}$	Фрезерування попереднє	6	14	$\pm 0,5$
		Фрезерування остаточнє	4	12	$+0,88$ $+0,42$
9	Площина, $l=140\pm 0,5$	Фрезерування попереднє	2,5	15	$\pm 0,8$
		Фрезерування остаточнє	1,5	14	$\pm 0,5$
10	Площина, $l=160\pm 0,5$	Фрезерування попереднє	2,5	15	$\pm 0,5$
		Фрезерування остаточнє	1,5	14	$\pm 0,5$
11,12	Площини лап, $l=157\pm 0,5$	Фрезерування чорнове	3	14	$\pm 0,5$
13,14	Провуццини лап, $l=280^{+0,68}_{-1,0}$	Фрезерування чорнове	4	12	$-0,68$ $-1,0$
15,16	Стінки лап, $l=110^{+0,23}$	Фрезерування чорнове	3,5	11	$+0,23$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Затискне пристосування (рисунок 3.1) спроектоване для фрезерування корпусу на конічному вертикальному фрезерному верстаті.

Рисунок 3.1 – Затискне пристосування для виготовлення корпусу

Поверхнями обробки є: площина основи корпусу, площини лап, торці корпусу, вікно, а також отвори. Базування виконується по внутрішніх стінках корпусу. В якості установочних елементів використовуються упори.

Пристосування (рисунок 3.1) складається з таких основних елементів:

- корпус 1, який закріплюється на столі верстату;
- два пневмоциліндри 7;
- прихвати 3.

У якості привода використовуються пневмоциліндри односторонньої дії, керування якими здійснюється за допомогою розподільного крана.

Принцип роботи пристосування наступний.

Заготовка деталі кладеться на корпус пристосування і упирається двома бічними внутрішніми стінками в опери 34. Далі у стійку 17 встановлюється болт 26, на який надівається планка 16 і затягується гайкою 28.

За допомогою розподільного крана подається повітря у роботу порожнину пневмоциліндрів 7. При русі поршня 15 відбувається одночасне переміщення штока 9 і болта 5. Прихват 3 при цьому здійснює одночасно два рухи, горизонтальний, який передається через важіль 2, і вертикальний (затиску) через падець 6. Після цього планка 16, болт 26 і гайка 28 знімаються. Після обробки, для розтиску деталі, розподільним краном спускається повітря із пневмосистеми, прихвати за допомогою пружин 30 і 31 – повертаються у вихідне положення.

3.2 Розрахунок потрібного зусилля затиску

Для розрахунку потрібного зусилля затиску заготовки – складемо схему діючих сил при фрезеруванні бічної сторони заготовки корпусу. У загальному випадку при зустрічному фрезеруванні сили розподіляються так як показано на рисунку 3.2.

Рисунок 3.2 – Розташування сил різання при зустрічному фрезеруванні

Коли мова йде про фрезерування кінцевими фрезами із гвинтовими канавками на вертикальному верстаті, з'являється також вертикальна складова сили різання P_x (рисунок 3.3), яка в нашому випадку намагається відірвати деталь від столу.

Рисунок 3.3 – Розміщення сил різання у вертикальній площині

Як ми бачимо з рисунку 3.3 силами, що визначають зусилля затиску є:

- 1) P_x , що прагне відірвати деталь від столу. Її необхідно компенсувати притисненням деталі до столу затискною силою F_z .

2) P_{yz} , що прагне зсунути деталь у горизонтальній площині. Її необхідно компенсувати таким значенням затискної сили P , при якій сумарна дія всіх сил тертя, що виникають у контакті заготовки із чотирма установочними опорами і тих, що виникають в контакті між прихватами і заготовкою, компенсувала б дію P_{yz} .

Очевидно, це зусилля, яке неохідне для того, щоб компенсувати силу P_{yz} є більшим від того, яке неохідне для компенсації P_x . Тому наша задача зводиться до знаходження затискного зусилля P для компенсації P_{yz} .

Умовно приймаємо, що прихвати контактують із заготовкою по точках 5-8. Тоді наша система виглядатиме так, як показано на рисунку 3.4.

Рисунок 3.4 – Розташування сил у горизонтальній площині

Напрямок сил тертя не є важливим, головне те, що вони у сумі протидіють силі зсуву P_{yz} [3, 9, 11, 14, 15, 26, 41]. Тобто для рівноваги системи повинні виконуватися умова:

$$\sum F_{mp} > P_{YZ} \quad (3.1)$$

P_{YZ} – сумарна дія двох складових сил різання головної P_Z і радіальної P_Y , визначається за формулою:

$$P_{YZ} = \sqrt{P_Y^2 + P_Z^2}, \quad (3.2)$$

P_Z розраховується за формулою [9]:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n}{D^q \cdot n^w}, \quad (3.3)$$

де z - число зубів фрези;

B - ширина фрезерування, мм;

D - діаметр фрези, мм;

n - частота обертання фрези, об/хв.;

t - глибина різання, мм;

S - подача, мм/зуб.

C_p, x, z, y, q, w - коефіцієнт та показники степеня, обираємо за [9].

$$P_Z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 112^{1,0} \cdot 6}{50^{0,86} \cdot 800^{0,13}} = 3239,52 \text{ (Н)}.$$

Силу P_Y знайдемо знаючи співвідношення між головною і радіальною силами різання $P_Z : P_Y = 1:0,4$.

Тоді

$$P_Y = 0,4 \cdot P_Z = 0,4 \cdot 3239,52 = 1296 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо результуючу силу:

$$P_{Rz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{1296^2 + 3239,52^2} = 3489 \text{ (Н)}.$$

Сила тертя знаходиться за формулою:

$$F_{mp} = \mu \cdot N, \quad (3.4)$$

де N - реакція опори в розрахунковій точці;

μ - коефіцієнт тертя (для тертя сталі по сталі $\mu = 0,2$);

Розглянемо правий прихват і його дію на опори 1, 2, 5, 6, оскільки пристосування симетричне – з лівої сторони розташування сил буде те ж саме.

Очевидно, що реакції опор в точках 5, 6 (рисунок 3.5) будуть дорівнювати $N_{5,6} = P/2$, (масою прихватів знехтуємо).

Рисунок 3.5 – Реакції опор по площині контакту прихватів і заготовки

Відповідно, реакції опор в точках 1, 2 (рисунок 3.5) будуть дорівнювати:

$$N_{1,2} = \frac{P}{2} + \frac{mg}{4}, \quad (3.5)$$

де m - маса заготовки ($m = 41,2$ кг).

Рисунок 3.6 – Реакції опор по площині
контакту опор і заготовки

Тоді сила тертя буде порівнювати для опор 1, 2:

$$F_{mp\ 1,2} = \mu \cdot \left(\frac{P}{2} + \frac{mg}{4} \right), \quad (3.6)$$

для опор 5, 6:

$$F_{mp\ 5,6} = \mu \cdot \frac{P}{2}, \quad (3.7)$$

Підставляємо отримані значення у нерівність (3.1):

$$2 \cdot \mu \cdot \frac{P}{2} + 2 \cdot \mu \left(\frac{P}{2} + \frac{mg}{4} \right) > \frac{P_{yz}}{2}. \quad (3.8)$$

Розкривши дужки і скоротивши значення, отримаємо

$$2 \cdot \mu \cdot P + \mu \frac{P}{2} + \frac{mg}{2} > \frac{P_{yz}}{2}. \quad (3.9)$$

Звідки виводимо значення P :

$$P > \frac{P_{yz}}{4 \cdot \mu} - \frac{mg}{4}. \quad (3.10)$$

$$P > \frac{3489}{4 \cdot 0,2} - \frac{41,2 \cdot 9,8}{4} = 4252 \text{ (Н)}.$$

Розраховану силу затиску необхідно збільшити на коефіцієнт запасу K :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.11)$$

Де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання внаслідок випадкових нерівностей поверхні, $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує заглиблення ріжучого інструменту, $K_2 = 1,4$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання при переричастому різанні, $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт, що характеризує постійність сил закріплення. При автоматичному закріпленні $K_4 = 1,0$;

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

$K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,02.$$

Тоді необхідна сила затиску:

$$P = P_{\text{розр.}} \cdot K = 4252 \cdot 3,02 = 12841 \text{ (Н)}.$$

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 пристосування можна записати:

$$Q = \frac{P}{i}, \quad (3.12)$$

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

З урахуванням цього зусилля $Q = P = 12841$ (Н).

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру:

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4}, \quad (3.13)$$

де $p = 2,0$ МПа – тиск, що подається у пневмоциліндр;

D – діаметр поршня;

d – діаметр штока (прийємо $d = 18$ мм);

$\eta = 0,9$ – ККД пневмоциліндру.

З формули (3.13) визначимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \quad (3.14)$$

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12841}{3,14 \cdot 2,0 \cdot 0,9} + 18^2} = 97,38 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 100$ мм.

За формулою (3.13) уточнюємо значення сили затиску

$$Q = \frac{3,14 \cdot (100^2 - 20^2) \cdot 2,0}{4} \cdot 0,9 = 13571 \text{ (Н)}.$$

3.4 Розрахунок на міцність слабкої ланки

На наш брід ляд слабкою ланкою у затискному пристосуванні є пальці 6. Вони стриймають зусиллі затиску і передають його прихватам. Необхідно перевірити їх на змінання $[\sigma_{зм}]$.

При розрахунку необхідне виконання умови:

$$\frac{P}{d \cdot h} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.15)$$

де $P = 13571$ – сила, що діє зпоперек пальця, Н;

$h = 28$ – висота ділянки змінання, мм;

$d = 16$ – діаметр пальця, мм;

$[\sigma_{зм}] = 120$ – допустиме напруження на змінання, МПа.

Розрахуємо:

$$\sigma = \frac{13571}{28 \cdot 16} = 30,29 \text{ (МПа)}$$

Перевірка:

$$\sigma = 30,29 < [\sigma_{зм}] = 120 \text{ (МПа)}.$$

Виконаємо перевірку пальця на умову можливого зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{S} \leq [\tau_{зр}] \quad (3.16)$$

де F – у нашому випадку сила затиску P ;

S – площа перерізу пальця;

$[\tau_{zp}] = 0,6 \cdot [\sigma_{zm}]$ – допустиме напруження на зріз.

Отже, діюче напруження зрізання τ_{zp} , буде дорівнювати:

$$\tau_{zp} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 13571}{3,14 \cdot 16^2} = 67,49 \text{ (МПа)}.$$

Допустиме напруження на зріз: $[\tau_{zp}] = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ (МПа)}$.

$$\tau_{zp} = 67,49 < [\tau_{zp}] = 72 \text{ (МПа)}.$$

Проведені розрахунки дають можливість зробити висновок про працездатність пальців під дією сил затиску і виконання ними своїх функцій.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

При розробці технологічного процесу потрібно провести техніко-економічний розрахунок і із декількох можливих варіантів вибрати найбільш економічний і продуктивний. Але при цьому у виробництві можуть збільшитися витрати на технологічне обладнання і оснастку, їх ремонт і обслуговування [8, 31, 49].

Заготовку корпусу найбільш доцільно виготовляти методом литва. Для порівняння розглянемо два методи литва: в піщані форми з ручним і машинним формуванням.

Литво у піщано-глиняні форми – найбільш універсальний та розповсюджений спосіб виготовлення заготовок. Він використовується в одиничному, серійному й навіть у масовому виробництві. Литвом у земляні форми звичайно виготовляють великі та середньо габаритні заготовки простої та складної форми. Отримані вироби характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. У піщаних формах переважно отримують відливки зі сталі і чавуну. Вартість виготовлення відливок у піщаних формах із ручним формуванням мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, ніж заготовок, одержаних іншими методами литва. Для виготовлення моделей використовують бук, березу, клен, рідше сосну чи ялицю.

Для підвищення якості виливків виготовлених литвом у піщані форми використовують машинне формування. Формувальні суміші у формах пресують на гідравлічних пресових машинах або на машинах з гумовою діафрагмою під тиском 2...4 МПа. Механізоване та автоматизоване машинне формування опок сумішшю використовується найчастіше у серійному та масовому виробництвах. Моделі та підмодельні плити для цього методу литва виготовляють із металу.

Визначаємо масу заготовки:

$$Q_3 = \frac{g_0}{K_{B.M.}}, \quad (4.1)$$

де g_0 – маса деталі;

$K_{B.M.}$ – коефіцієнт використання металу $K_{B.M.} = 0,75$, $K_{B.M.}$ не залежить від способу виготовлення форм (ручного чи машинного).

Тоді маса заготовки дорівнюватиме:

$$Q_3 = \frac{35}{0,75} = 46,6 \text{ кг}$$

Собівартість заготовки виготовленої литвом розраховується за формулою:

$$C = (Q_3 \cdot \frac{S_{заг}}{1000} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{M3} \cdot K_{B6}) - (Q_3 - q_0) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (\text{грн.}) \quad (4.2)$$

де $S_{заг}$ – базова вартість однієї тони матеріалу, $S_{заг} = 40$ тис. грн.;

$S_{відх}$ – вартість однієї тони стружки, $S_{відх} = 5$ тис. грн.;

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності, $K_T = 1,32$;

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності, $K_C = 1,0$;

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, $K_B = 1,18$;

K_{M3} – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, $K_{M3} = 1,2$;

K_{B6} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, $K_{B6} = 1,06$

Підставивши значення, отримаємо:

$$C = (46,6 \cdot \frac{40000}{1000} \cdot 1,32 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,2 \cdot 1,06) - (46,6 - 35) \cdot \frac{8000}{1000} = 3600 \text{ (грн.)}$$

Так як собівартість обраних методів виготовлення заготовки деталі корпусу затвору однакова, то обираємо той спосіб який більш продуктивний, а таким способом у даному випадку є литво у піщані форми, які виготовлені машинним формуванням.

4.2 Розрахунок місцевого освітлення робочої зони верстату

Розрахунок місцевого освітлення робочого місця верстатника проводимо точковим методом [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

У загальному випадку світловий потік лампи дорівнює:

$$\Phi_n = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k}{\mu \sum e_i \cdot \psi_i}, \quad (4.3)$$

де E_n – нормативна освітленість, лк. Для робіт із середньою точністю при темному фоні приймаємо $E_n=60$ лк;

k – коефіцієнт запасу, приймаємо для світильника з лампою накаливання типу Г ГОСТ 2239-79: $k=1,3$,

μ – коефіцієнт додаткової освітленості, яка створюється віддаленими світильниками та відбитим світлом, приймаємо $\mu=1,1$;

$\sum e_i \cdot \psi_i$ – умовна освітленість контрольної точки від сумарної дії «найближчих» світильників, лк;

e_i – умовна освітленість від i -го світильника, яка створюється лампою із світловим потоком 1000 лм, лк. При висоті h_i з якої знаходиться світильник від поверхні ($h_i=2,1$ м) та відстані від найбільш віддаленої точки столу до світильника ($d=1,8$ м) умовна освітленість складе: $e_i=22$ лк;

ψ_i – перехідний коефіцієнт, який для похилої площини розраховується за формулою:

$$\psi_i = \cos \alpha_i \pm (d_i \sin \alpha / h_i), \quad (4.4)$$

де α – кут нахилу світильника. $\alpha=60^\circ$.

Тоді:

$$\psi_i = \cos 60^\circ + (1,8 \cdot \sin 60^\circ / 2,1) = 1,24.$$

Після перетворення формули (4.4) фактична освітленість дорівнюватиме:

$$E_n = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \sum e_i \cdot \psi_i}{1000 \cdot k}. \quad (4.5)$$

Знаючи, що світловий потік ламп накаливання типу Г $\Phi=2800$ лк, то після підстановки значень, отримаємо:

$$E_n = \frac{2800 \cdot 1,1 \cdot 22 \cdot 1,24}{1000 \cdot 1,3} = 64,63 \text{ (лм)}.$$

Оскільки розраховане значення мінімально перевищує нормативне (50 лк) з інших ламп, то світильник з таким розміщенням відносно робочого місця верстатника та з лампою такого типу та потужності (200 Вт) підходить до використання.

4.3 Машинобудівне виробництво та його вплив на довкілля

Машинобудівне виробництво відрізняється винятковою різноманітністю забруднень, що ним створюється. До них відносять матеріальні та енергетичні. Це зумовлено не меншою різноманітністю початкових матеріалів, що застосовуються, технологічних процесів, а також видами продукції випуску.

Характер впливу різних структурних підрозділів заводу на довкілля різноманітний. Наприклад, металургійні цехи головним чином забруднюють атмосферу. Відходи гальванічних цехів являють основну небезпеку для

гідросфери. Близькість технологічних процесів машинобудівного виробництва характеризуються утворенням твердих відходів, шуму, вібрації.

Потенційним забруднювачем довкілля є машинобудівний комплекс. Сюди входить забруднення: повітряного басейну (викид газів, пароподібних речовин, диму, аерозолів, пилу тощо); поверхневого водного басейну (стічні води, витоки рідких продуктів або напівфабрикатів тощо); ґрунту (накопичення твердих відходів, випадіння токсичних речовин із забрудненого повітря, стічних вод тощо); шумове та вібраційне забруднення.

За умов машинобудування, обробки металів наявна значна кількість відходів, хімічно інертних нетоксичних газів (вуглекислий газ), токсичних газів, абразивних матеріалів тощо.

Саме тому тотальний контроль за впливом результатів діяльності підприємств машинобудівної галузі є загальносуспільним завданням сьогодення.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення ковзного затвору, що використовується у складі зрошувальних систем під час сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз корпусу затвору. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замінника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійне.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $140 \pm 0,5$ мм розрахунково-аналітичним методом. На інших поверхнях деталі припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки поверхні корпусу. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, параметрів силового приводу, слабкої ланки на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу. Вартість виготовлення заготовки масою 46,6 кг становить 3600 грн. Окрім того, наведено розрахунки робочої зони веретатника. Розглянуто вплив машинобудівного виробництва на довкілля.

5 У графічній частині наведено складальний креслення вузла затвору ковзного, робочий креслення корпусу, креслення заготовки корпусу, складальний креслення затискного пристосування для виконання операції механічної обробки.