

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Виготовлення стакану редуктора рульового  
за умов середньосерійної річної програми випуску»

КРБ.133ГМбд\_21[1].14.00.00.000 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]  
ОНІЩЕНКО Олександр

Керівник: докт. техн. наук, професор  
КОВБАСА Володимир

**Полтава – 2023 року**

## ВСТУП

Розвиток аграрної авіації в Україні за часів панування комуністичного режиму (СРСР) залежав не від аграрного попиту. Все залежало від рівня розвитку технологій саме в авіаційній промисловості. Незважаючи на це, Україна тривалий час займала лідруючі позиції у напрямку обробки полів з повітряного басейну. Саме у 1970 році за рахунок сільгоспавіації було оброблено майже 12 млн. гектарів ріллі. У 1980 році на Україну припадало 10% обсягу світової повітряної обробки посівних площ. Було залучено близько 1200 вертольотів та літаків. У 2016 році з повітря у цій країні оброблено 485000 гектарів ріллі. Але знову ж таки розвиток «аграрної» авіації продовжує залежати від рівня розвитку авіаційної промисловості.

Донині основним гелікоптером в аграрній авіації є МІ-2. Його сільськогосподарська модифікація випущена через 16 років серійного випуску даної моделі. На борт він може узяти агрохімікатів у 5 разів менше, ніж літак АН-2. Секрет успіху цього гелікоптера серед аграріїв полягає у масовості, а також тривалості виробництва [5-7, 13].

Отже деталь, вибрана на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною редуктора рульового, що використовується у складі гелікоптера МІ-2 для обприскування посівних площ.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є редуктор рульовий гелікоптера МІ-2, що застосовується для обприскування посівних площ, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення стакану.

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 річної 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 методом;

- сконструювати затискове 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

У даній роботі на розгляд рульовий редуктор (див. графічну частину роботи).

Рульовий редуктор є одним із основних і особливо-відповідальних вузлів гелікоптера Мі-2, що застосовується для обприскування посівних площ (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Використання гелікоптера Мі-2 (МІ-2МСБ-В, «Мотор Січ») для обприскування посівних площ

Редуктор призначений для передачі обертання від торсіонного валу хвостової балки на рульовий гвинт. Технічна характеристика даного вузла представлена у таблиці 1.1.

Обертання трансмісійного вала на рульовий гвинт передається через зубчасте зчеплення із коловим зубом із передаючим числом 1,06. Передача обертового руху передається з фланця поз. 35 на вал поз. 8, на який встановлена шестерня поз. 10. Шестерня бере участь у зачепленні із колесом поз. 11, яке встановлено на

вал поз. 9. Вихідний вал поз. 9 передає обертання через вилку поз. 14 на втулку рульового гвинта.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

Параметр	Значення
Потужність, що передається редуктором, кВт	11,5
Максимальна частота обертання вхідного валу, об/хв.	2890
Максимальна частота обертання вихідного валу, об/хв.	2729
Максимальний обертовий момент на вихідному валу, Н×м	50
Габаритні розміри, мм	332×216×142
Маса, кг	18

Рульовий редуктор є маслонаповненим. Корпусні деталі редуктора мають посадочні місця під підшипники. Вони забезпечують обертання передаточних елементів конструкції. Також конструктивні особливості корпусних деталей забезпечують герметичність маслонаповненого простору.

На редукторі також розташовані конструктивні елементи, що призначені для зміни кута повороту рульових лопатей у процесі польоту гелікоптера.

Стакан є важливою корпусною деталлю рульового редуктора. Матеріал стакану – сталь 30ХГСА ДСТУ 7806:2015 [16, 36]. Він служить для герметизації редуктора и забезпечує базові поверхні для установки пари вал-шестерня. Останню функцію виконують проточки під підшипник поз. 67 - Ø62К6 і під підшипник поз. 66 – Ø52К6. Стакан базується на корпусі редуктора по наступним базовим поверхням – ступень Ø68h7 і прилеглий торць 90×88/Ø68.

Однією із відповідальних деталей рульового редуктора є вал. Він служить для передачі обертання від фланця поз. 35 до шестерні поз. 10. Матеріалом валу є

Сталь 30ХГСА ДСТУ 7806:2015 [16, 36]. На валу розташовані дві шліцьові поверхні. Вони призначені для базування фланця і шестерні, а також передачі обертового руху. Посадочний пояс  $\varnothing 25js7$  призначений для базування фланця поз. 35. Опорна шийка вала  $\varnothing 25m7$  служить для установки підшипника поз. 66. На одному кінці вала розташована різьба  $M22 \times 1,5$ . Вона призначена для кріплення шестерні поз. 10 за допомогою гайки поз. 18.

## 1.2 Аналіз параметрів точності

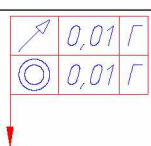
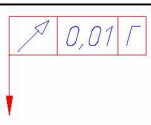
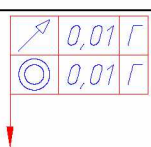
При проведенні аналізу точності параметрів стакану (рисунок 1.2) заповнюємо таблицю 1.2, у якій наведені дані про точність виготовлення даної деталі, а також вимоги до точності. Під час виконання цього підрозділу використовуємо джерела інформації [17, 22, 47, 48].

Рисунок 1.2 – Аналіз точності стакану

Таблиця 1.2 - Параметри точності стакану

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного розташування	Шорсткість Ra
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична поверхня	$\varnothing 62 \begin{smallmatrix} (+0.004) \\ (-0.015) \end{smallmatrix}$	K6	$\sqrt{0,01}$		2,5
2	Кільцева канавка	$\varnothing 65^{+0,2}$	H11			2,5
3	Круговий виступ	$\varnothing 56$	H12			2,5
4	Конічна поверхня	$\varnothing 61,4 / \varnothing 53$	H12			2,5
5	Круговий виступ	$\varnothing 46$	H12			2,5
6	Циліндрична поверхня	$\varnothing 52 \begin{smallmatrix} (+0.004) \\ (-0.015) \end{smallmatrix}$	K6		$\sqrt{0,01} \Gamma$	2,5
7	Квадратний фланець	60	h12			2,5
8	Циліндрична поверхня	$\varnothing 56$	h12			2,5
9	Конічна поверхня	$\varnothing 64,8 / \varnothing 56$	h12			2,5
10	Торцева канавка	$\varnothing 76 / \varnothing 64,8$	h12			2,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
11	Циліндрична поверхня	$\varnothing 80_{-0,046}$	h8			2,5
12	Прямокутний виступ	88×90	h12			2,5
13	Кільцева канавка	$\varnothing 65$	h12			2,5
14	Циліндрична поверхня	$\varnothing 68_{-0,046}$	h7			2,5
15	Отвори	$\varnothing 8$	H12		35±0,01; 37±0,01	2,5
16	Отвори	$\varnothing 5$	H12		24±0,01	2,5

Проаналізувавши точність параметрів стакану, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний клас точності 6-ий, а мінімальна шорсткість –  $R_a = 2,5$  мкм. Вона є цілком досяжною під час обробки на металорізальному обладнанні.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні стакану у якості матеріалу застосовується сталь марки 30ХГСА ДСТУ 7806:2015 [7, 34, 36]. Хімічний склад даної сталі приведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 30ХГСА

C, %	Cr, %	Mn, %	Si, %	Cu, %	Ni, %	S, %	P, %
				не більш			
0,28- 0,34	0,80- 1,10	0,80- 1,10	0,90- 1,20	0,30	0,30	0,025	0,025

Деталь можна виготовити як із поківки, так і з круглого прокату. Механічні властивості, які закладені конструктором –  $\sigma_{0,2} = 800...850$  МПа,  $\sigma_B = 1000...1100$  МПа. Дані властивості досягаються при проведенні термообробки сталі (гартування 880°C, масло, відпуск 550°C, вода). Кінцева структура після термічної обробки – перліт відпускання.

Сталь 30ХГСА по своїм механічним і технологічним властивостям задовольняє потребам, які пред'являються до сталі.

У якості альтернативного матеріалу можемо запропонувати титановий сплав ВТ3-1 ГОСТ 19807-91 (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Хімічний склад сплаву ВТ3-1

Al, %	Mo, %	Zr, %	Cr, %	Si, %	Fe, %	Домішки, % не більш
5,5-7,0	2,0-3,0	0,50	0,8-2,0	0,15-0,40	0,2-0,7	0,50

Даний матеріал має наступні механічні властивості –  $\sigma_B = 930-1180$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 830-1080$  МПа, твердість 260-340 НВ.

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в рульових редукторах у кількості 600 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів 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 запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{бр}$  – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути. Приймаємо рівним 1-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (600 + 0,04 \cdot 600) \cdot (1 + 0,025) = 640 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція редуктора рульового не є складною. Це дозволяє проводити його складання без особливих труднощів. Редуктор складається із невеликої номенклатури деталей. Для його виготовлення широко застосовуються вироби (гайки, шайби, кільця, манжети та ін.), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного редуктора.

Важливою задачею при конструюванні та виготовленні є нормальне функціонування вузла. Це можливо досягти при точному виконанні всіх основних функціональних поверхонь редуктора.

Для базових поверхонь складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися у вузол, правильно визначені базування та точність обробки. Конструкція редуктора рульового дає можливість скласти його безвузлово без проміжних складань і розбирань складових частин. Проводити контроль над роботою виробу можливо без розбирання його конструкції.

Змащування поверхонь тертя проводиться комбіновано: самопливом і розбризкуванням.

Взагалі конструкцію редуктора рульового можна вважати технологічною та придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технічних характеристик.

Було проведено аналіз креслення деталі. Після чого можемо сказати, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічному рівні, а затрати на переналагодження обладнання порівняно з економією матеріалу та часу невеликі. Отже дану деталь можна виготовляти за умов серійного типу виробництва.

Результати технологічного аналізу наведені у таблиці 2.1 [2].

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності стакана

№ п/п	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам	Заходи щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	—
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Ні, технологічно	
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	—
5	Чи можлива багатопшпіндельна та багато інструментальна обробка?	Так, технологічно	Зовнішні поверхні обертання зі сторони $\varnothing 68g6$ можуть бути оброблені на токарних багаторізцевих напівавтоматах.
6	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, не технологічно	В даному випадку цього не уникнути, так як ці поверхні грають важливу роль в конструкції вузла.

Продовження таблиці 2.1

7	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45°?	Так, технологічно	В даному випадку ці поверхні забезпечують плавний перехід між виконуваними поверхнями деталі, а також забезпечують легкість конструкції, що дуже важливо в авіації.
8	Чи паувні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	—
9	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	—
10	Точність заготовки	Прокат	Бажає використати поковку П-1 групи.
11	Чи від однієї бази представлені розміри?	Так, технологічно	—

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Стакан виготовляють із прокату  $\varnothing 130 \times 70$ . При механічній обробці будуть присутні значні витрати на зняття надлишкового металу. Коефіцієнт використання металу буде дуже низьким, тому пропонується отримувати заготовку обробкою тиском, а саме у підкладних штампах із прошиванням отвору.

При виготовленні стакану на універсальних верстатах застосовували звичайний різальний інструмент.

Використання прогресивного різального інструменту при обробці деталі дозволяє значно зменшити штучний час її виготовлення, а відповідно й витрати енергії інструменту тощо. Усе це все призводить до зменшення собівартості виробу. Тому за умов серійного виробництва пропонується використовувати верстати із ЧПК. Вони дозволяють збільшити продуктивність праці у 1,5...5 разів.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. [43]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – 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 досягти величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3..4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5..2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Можливі методи обробки поверхонь деталі подані у таблиці 2.2

Таблиця 22 – Можливі варіанти технологічних методів обробки стакану

Номер поверхні легачі	Розмір поверхні	Допуск	Допуск деталі	Уточнення	Кількість переходів	Варіанти методів обробки	
						1	2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\varnothing 62 \left( \begin{smallmatrix} +0.004 \\ -0.015 \end{smallmatrix} \right)$	4000	19	210,53	3	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове. 3. Шліфування.	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове.
2	$\varnothing 65^{+0.2}$	4000	200	20	2	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове.	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове.
3	$\varnothing 56$	4000	300	13,33	1	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
4	$\varnothing 61,4 / \varnothing 53$	4000	300	13,33	1	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
5	$\varnothing 46$	4000	250	16	2	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
6	$\varnothing 52 \left( \begin{smallmatrix} +0.004 \\ -0.015 \end{smallmatrix} \right)$	4000	19	210,53	3	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове. 3. Шліфування.	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
7	60	4000	300	13,33	1	1. Фрезерування чистове.	1. Фрезерування чистове.
8	Ø56	4000	300	13,33	1	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
9	Ø64,8/Ø56	4000	300	13,33	1	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
10	Ø76/Ø64,8	4000	300	13,33	1	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
11	Ø80 <sub>-0,046</sub>	4000	46	86,96	3	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове. 3. Шліфування.	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове.
12	88×90	4000	350	11,43	1	1. Фрезерування чистове.	1. Фрезерування чистове.
13	Ø65	4000	300	13,33	1	1. Точіння чистове.	1. Точіння чистове.
14	Ø68 <sub>-0,03</sub>	4000	30	133,33	1	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове. 3. Шліфування.	1. Точіння чорнове. 2. Точіння чистове.
15	Ø8	4000	150	26,67	2	1. Свердління. 2. Зенкерування. 3. Розгортання.	1. Свердління. 2. Розгортання.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
16	∅5	4000	120	33,33	2	1. Свердління. 2. Зенкерування. 3. Розгортання.	1. Свердління. 2. Розгортання.

Більш економічним є 2-ий варіант обробки, бо задані параметри поверхонь досягаються на меншій кількості обробок. Це дає змогу економії при формуванні верстатного парку підприємства, а також призводить до зниження собівартості виробу за рахунок зниження часу обробки.

#### 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Принципову схему маршруту обробки деталі (МОД) подано в таблиці 2.3 для стакану.

Таблиця 2.3 – Схема проектного маршруту обробки стакану

Операція	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 Токарня з ЧПК (чорнова)	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16A20Ф3С39	1. Встановити, закріпити по ∅92 зняти. 2. Підрізати торць у розмір 70 <sub>-0,5</sub> . 3. Точити поверхню ∅74 <sub>-0,5</sub> з підрізкою торця в розмір 20±0,3. 4. Розточити отвір ∅53 <sup>+0,5</sup> з підрізкою торця в розмір 30±0,3. 5. Розточити отвір ∅56 <sup>+0,5</sup> з підрізкою торця в розмір 20±0,3.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
010 Токарна з ЧПК (чорнова)	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16A20Ф3С39	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити по <math>\varnothing 74</math>, зняти.</li> <li>2. Підрізати торець у розмір <math>65_{-0,5}</math>.</li> <li>3. Точити поверхню <math>\varnothing 88_{-0,5}</math>.</li> <li>4. Точити карман, витримуючи розміри <math>\varnothing 88_{-0,5}</math>, <math>\varnothing 58_{-0,5}</math>, <math>6_{-0,2}</math>, <math>12 \pm 0,25</math>, <math>35 \pm 0,3</math>.</li> <li>5. Точити поверхню <math>\varnothing 85_{-0,5}</math> з підрізкою торця в розмір <math>39 \pm 0,3</math>.</li> <li>6. Розточити отвір <math>\varnothing 43^{+0,5}</math> на довжину 20.</li> <li>7. Розточити отвір <math>\varnothing 46^{+0,5}</math> з підрізкою торця в розмір <math>11 \pm 0,25</math>.</li> <li>8. Розточити карман, витримуючи розміри <math>\varnothing 58^{+0,5}</math>, <math>\varnothing 50^{+0,5}</math>, <math>38 \pm 0,3</math>, <math>5_{-0,2}</math>.</li> </ol>
015 Термічна обробка	Піч камерна СН9	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виконати загартування з послідуєчим відпуском на твердість 28...32 HRC<sub>э</sub>.</li> </ol>
020 Токарна з ЧПК (чистова)	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16A20Ф3С39	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити по <math>\varnothing 46</math>, зняти.</li> <li>2. Підрізати торець у розмір <math>63</math>.</li> <li>3. Точити поверхню <math>\varnothing 70h8(-0,046)</math> з підрізкою торця в розмір 19. Виконати фаску <math>1,5 \times 45^\circ</math>.</li> <li>4. Розточити отвір <math>\varnothing 56</math> на прохід.</li> <li>5. Розточити отвір <math>\varnothing 60H8(+0,046)</math> з підрізкою торця в розмір 19. Виконати фаску <math>2 \times 45^\circ</math>.</li> <li>6. Точити кільцеву канавку 2,4 мм, витримуючи розмір 8.</li> <li>7. Точити канавку <math>1,9^{+0,2}</math> мм у розмір 4,2.</li> </ol>

Продовження таблиці 2.3

<p>025 Токарна з ЧПК (чистова)</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16A20Ф3С39</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити по <math>\varnothing 70</math>, зняти.</li> <li>2. Підрізати торець у розмір 61.</li> <li>3. Точити карман, витримуючи розміри <math>\varnothing 68.4</math>, <math>\varnothing 56</math>, 2.5, 10, 35, R10, R2.</li> <li>4. Точити поверхню <math>\varnothing 80h8(-0,046)</math> з підрізкою торця в розмір 38.5. Виконати фаску <math>0,5 \times 45^\circ</math>.</li> <li>5. Розточити отвір <math>\varnothing 46</math> на прохід.</li> <li>6. Розточити отвір <math>\varnothing 50H8(+0,039)</math> з підрізкою торця в розмір 10. Виконати фаску <math>1,5 \times 45^\circ</math>.</li> <li>7. Розточити карман, витримуючи розміри <math>\varnothing 61.4</math>, <math>\varnothing 56</math>, 39, 3, R3.</li> <li>8. Точити торцеву канавку, витримуючи розміри <math>\varnothing 76</math>, 3.5, R2, фаску <math>0,5 \times 45^\circ</math>.</li> </ol>
<p>030 Токарно-гвинторізна</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат 16К20П</p>	<p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити по <math>\varnothing 50</math>, зняти.</li> <li>2. Точити поверхню <math>\varnothing 68g6(-0,010/-0,02)</math> з підрізкою торця у розмір 20.</li> <li>3. Розточити отвір <math>\varnothing 62k6(+0,004/-0,015)</math> з підрізкою торця в розмір 20.</li> </ol> <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переустановити, закріпити по <math>\varnothing 68</math>, зняти.</li> <li>2. Розточити отвір <math>\varnothing 52k6(+0,004/-0,015)</math> з підрізкою торця в розмір 41.</li> </ol>

Продовження таблиці 2.3

035 Фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити в спеціальному пристрої, закріпити, зняти.</li> <li>2. Фрезерувати контур деталі по програмі, витримуючи розміри 60×60, R6.</li> <li>3. Фрезерувати контур деталі по програмі, витримуючи розміри 88, 90, 92, R9.</li> <li>4. Свердлити 4 отвори Ø4.5 на прохід.</li> <li>5. Розвернути 4 отвори Ø5H12 на прохід.</li> <li>6. Свердлити 4 отвори Ø7.5 на прохід.</li> <li>7. Розвернути 4 отвори Ø8H12 на прохід.</li> </ol>
040 Слюсарна	Берстак слюсарний	1. Зачистити задирки після механічної обробки.
045 Гальванічна	Ванна	Покриття.
050 Контроль ВТК	Плита ВТК	Контролювати розміри деталі.

### 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 Ø62K6<sup>(+0,004)</sup><sub>(-0,015)</sub> 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;

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

$\varepsilon_i$  – 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 2.4.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$13985 - 10004 = 4000 - 19;$$

$$3981 = 3981.$$

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків  
на розмір  $\varnothing 62K6 \begin{matrix} +0,004 \\ -0,015 \end{matrix} \text{ мм}$

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 62K6^{(+0,004}_{-0,015)}$  мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. прип. $2Z_{\min}$ , мкм	Роз. розм. $d_p$ , мм	Доп. $\delta_1$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничний припуск, мм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon_y$	мкм	мм		$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	50	50	40	-	-	50	4000	48	52	-	-
Чорнове точіння	40	30	2,4	300	6000	56	500	56	56,5	4,5	8,0
Чистове точіння	2,5	4	2	300	4000	60	46	60	60,046	3,546	4,0
Гонке точіння	0,8	2	1,6	50	2000	62	19	61,985	62,004	1,958	1,985
								$\Sigma$		10,004	13,985

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Обробка квадратного та трикутного фланців стаканів, а також чотирьох отворів  $\varnothing 5$  та чотирьох отворів  $\varnothing 3$  виконується на трьох різних операціях – 025 Вертикально-фрезерна, 030 Вертикально-фрезерна та 035 Координатно-розточувальна. При цьому використовуються два різні верстати: вертикально-фрезерний моделі 6P12; координатно-розточувальний моделі 2431СФ10. Також за такою технологією використовуються універсальні верстатні пристосування, такі як прихвати, встановлювальні пальці та ін. Усе це призводить до значних затрат часу на встановлення, вивірення та закріплення заготовок на даних операціях.

Застосування спеціального верстатного пристосування, яке запропоновано нами, дозволить об'єднати ці операції в одну [3, 11, 14, 25, 26, 41]. Це зменшить витрати часу, підвищить точність обробки поверхонь та їх взаємне положення, так як усі розглянуті переходи будуть виконуватись за один установ.

Орієнтовно, враховуючи річну програму випуску, найраціональнішою слід визнати систему універсально-налагоджувальних пристосувань (УНП)

Складаємо перелік реалізованих функцій верстатного пристрою: переміщення і попередня орієнтації заготовки; базування заготовки; закріплення заготовки; базування пристосування на верстаті; закріплення пристосування на верстаті; підведення і відведення енергоносіїв; утворення початкової сили для закріплення; управління енергоносієм; заміна настановних (затискних) елементів; об'єднання функціональних вузлів (корпус); обробка поверхонь; створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованому простому стандартному технічному носію функцій. Розробка нових конструкцій функціональних вузлів вимагає спеціального

обґрунтування. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки стакану:

1 – втулка направляюча; 2 – діафрагма; 3 – кільце; 4, 5 – кришка; 6 – опорний диск;  
7 – палець; 8, 9 – плита верхня; 10 – шайба; 11 – шток; 12 – болт; 13, 14 – гайка;  
15 – заклепка; 16 – шайба; 17 – шплінт; 18 – палець

Заготовка в спроектованому пристосуванні встановлюється на палець поз.7, який базується на плиті верхній поз.8. Затиск заготовки виконується шайбою поз.10, конструкція якої пристосована для швидкого зняття при заміні заготовки.

Силовий вузол кріпиться на плиті нижній поз.9 і притискається плитою верхньою поз.8 за допомогою болтів поз.12.

Пневматична камера складається з нижньої та верхньої кришок поз.4 та 5. В кришках розташовані отвори для приєднання механізму до пневматичної мережі.

При подачі повітря в отвір верхньої кришки камери під тиском, діафрагма поз.2 разом з опорним диском поз.6 та штоком поз.11 виконують рух вниз до зіткнення з поверхнею нижньої кришки камери. При цьому виконується затискання заготовки. Розкріплення виконується при подачі стиснутого повітря в отвір нижньої кришки пневматичної камери.

### 3.2 Розрахунок потрібного зусилля затиску заготовки

Розглянемо схему збурюючих та врівноважуючих сил, діючих на заготовку під час обробки (рисунок 3.2) [3, 9, 11, 14, 15, 26, 41].

Під час обробки на заготовку діють: крутний момент  $M_{кр}$ , який намагається повернути заготовку; осдова складова сили різання  $P_x$ , яка намагається перевернути заготовку.

При дії сили закріплення  $W$  будемо мати такі врівноважуючі сили: сила торця  $G$ , яка запобігає провороту заготовки; сила реакції опору  $R$ , яка запобігає перевертанню заготовки.

Розрахунок необхідного зусилля закріплення ведемо з умов:

1) непровороту заготовки щодо осі дією моменту виникаючого при фрезеруванні контуру деталі:

$$W \times f \times r < K \times M_{кр} \quad (3.1)$$

Рисунок 3.2 – Схема збурюючих та врівноважуючих сил

Звідси необхідне мінімальне зусилля закріплення:

$$V = \frac{K \times M_{кр}}{f \times r}, \quad (3.2)$$

де:  $f = 0,16$  – коефіцієнт тертя;

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6, \quad (3.3)$$

$K_0 = 1,5$  - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання в наслідок випадкових нерівностей на поверхні заготовки;

$K_2 = 1,15$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання в слідстві прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1,0$  - коефіцієнт враховує уривчастість різання;

$K_4 = 1,0$  - коефіцієнт враховує постійність сил затиску;

$K_5 = 1,0$  - коефіцієнт ергономічний при різних затисках;

$K_6 = 1,5$  - коефіцієнт враховує наявність іншого силового чинника (перекидання заготовки під дією  $P_x$ ).

$$K = 1,5 \times 1,0 \times 1,15 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 2,59.$$

$M_{tp} = 32H \times m$  - крутний момент [9];

$r = 0,034m$  - радіус прикладення сили тертя.

Тоді маємо:

$$W = \frac{2,59 \times 32}{0,16 \times 0,034} = 15235 \text{ (H)};$$

2) з умови неперекидання заготовки щодо опор пристосування під впливом складової сили різання  $P_x$ ;

$$W = \frac{K \times P_x \times r_1}{r}, \quad (3.4)$$

де  $P_x = 0,5 \times P_z = 320H$  - осьова складова сили різання [9];

$r_1 = 0,06 \text{ мм}$  - радіус прикладення складової сили різання;

$r_2 = 0,034 \text{ мм}$  - радіус прикладення реакції опори.

Тоді маємо:

$$W = \frac{1,59 \times 320 \times 0,06}{0,034} = 1463 \text{ (Н)}.$$

Таким чином необхідне зусилля закріплення заготовки становить  $W \geq 15235 \text{ Н}$ .

Розраховане зусилля реалізується за допомогою пневматичної камери при тиску в пневматичній мережі  $P = 0,4 \text{ МПа}$ .

### 2.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Сила закріплення, яку дає пневматична камера розраховується за формулою:

$$Q = \left( \frac{0,75 \times \pi}{16} \right) \times (D - d)^2 \times p, \quad (3.5)$$

де  $D$  - діаметр діафрагми пневматичної камери, мм;

$d$  - діаметр опорного диска діафрагми, мм;

$p = 0,4 \text{ МПа}$  - тиск в мережі.

Якщо прийняти  $D = 1,5 \times d$ , то отримаємо наступну формулу:

$$Q = \left( \frac{0,75 \times \pi}{16} \right) \times (2,5 \times d)^2 \times p. \quad (3.6)$$

Звідси маємо:

$$d = 0,4 \times \sqrt{\frac{16 \times Q}{0,75 \times \pi \times p}}, \quad (3.7)$$

$$d' = 0,4 \times \sqrt{\frac{16 \times 15235}{0,75 \times 3,14 \times 0,4}} = 203 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо  $d = 210 \text{ мм}$ .

Тоді діаметр діафрагми дорівнює:

$$D = 1,5 \times 210 = 320 \text{ (мм)}.$$

Розраховуємо фактичне зусилля закріплення:

$$Q = \left( \frac{0,75 \times 3,14}{16} \right) \times (320 - 210)^2 \times 0,4 = 16500 \text{ (Н)}$$

Розраховуємо довжину ходу штока за формулою

$$L = (0,25 \div 0,35) \times D, \tag{3.8}$$

$$L = (0,25 \div 0,35) \times 320 = 80 \div 112 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо 80 мм.

Діаметр штока пневматичної камери приймаємо рівним  $d_{\text{ш}} = 20 \text{ мм}$ .

### 3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Виконаємо перевірочний розрахунок міцності штоку

Умова міцності штоку на розрив:

$$\sigma_p = \frac{Q}{F} \leq [\sigma], \tag{3.9}$$

де  $F = \frac{\pi \times d_{шт}^2}{4}$  - площа поперечного перетину штока, 314 мм<sup>2</sup>.

Тоді маємо

$$\sigma_p = \frac{16500}{314} = 53 \leq [\sigma] = 200 \text{ МПа.}$$

Умова міцності штока виконується.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки стакану: виготовлення з прокату та кування [8, 31, 49].

Для серійного виробництва, враховуючи матеріал деталі, вимоги пред'явлені до неї, найбільш доцільний спосіб отримання заготовки – це кованка, отримана з прокату куванням на молотах.

Кування – це процес гарячої обробки металу тиском, під час якого за допомогою однієї чи багаторазової дії універсального підкладного інструменту нагріта заготовка пластично деформується, поступово набуваючи потрібної форми, розмірів та властивостей. При цьому метал заготовки вільно перетікає в напрямках, що не обмежені робочими поверхнями інструмента.

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки стакану.

Собівартість заготовки, що виготовлена з прокату [7]:

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

де  $Q$  – маса заготовки з каліброваного прутка;

$q$  – маса готової деталі стакану,  $q=2,8$  кг;

$S$  та  $S_{\text{відх}}$  – відповідно вартість матеріалу прутка та відходів, за [1]: 440 ум. гр.од./т та 25 ум. гр.од./т;

Масу каліброваного прутка визначаємо за формулою:

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

де  $V$  – об'єм заготовки,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$l$  – довжина заготовки, м.

$$Q = \frac{3,14 \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,08 \cdot 7600 = 4,8 \text{ кг.}$$

Тоді

$$C = \frac{(4,8 \cdot 440 - (4,8 - 2,8) \cdot 25) \cdot 40}{1000} = 82,48 \text{ грн.}$$

Ціну заготовки виготовленої методом кування:

$$C_{к,ш} = [C_{бк,ш} \cdot G_{к,ш} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_M \cdot K_P \cdot K_B - (G_{к,ш} - G_g) \cdot C_{від}], \quad (4.3)$$

де  $C_{бк,ш}$  – базова ціна одного кілограму ковачок (штамповок), виготовлених з базового матеріалу, з базовою точністю та складністю, за [1] – 440 ум. гр.од./т

$C_{від}$  – ціна одного кілограму відходів, за [1] – 25 ум. гр.од./т грн.;

$G_g, G_{к,ш}$  – маса відповідно готової деталі та ковачки, кг;

$K_T, K_C, K_M, K_P, K_B$  – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності заготовки, марки матеріалу, програми річного замовлення та маси ковачки (штамповки).

При проектуванні кованих заготовок масу визначають з урахуванням витрат металу при вигоранні та облої. Маса деталі складає 2,8 кг.

Визначимо масу заготовки за формулою:

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

де  $K$  – середній коефіцієнт використання металу, який прийmemo рівним 0,75 (при виготовленні заготовок куванням);

$m$  – маса деталі.

$$Q_{\text{заг}} = \frac{2,8}{0,75} = 3,73 \text{ кг.}$$

Отже, для виготовлення деталі необхідно 3,73 кг початкового матеріалу.

Підставивши отримані значення, маємо:

$$C_{\text{дг}} = [440 \cdot 3,73 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,17 \cdot 0,7 - (3,73 - 2,3) \cdot 25] \cdot 40 / 1000 = 77,1 \text{ грн.}$$

Порівнюючи ці методи, можна відмітити, що метод виготовлення заготовки із прутка є дорожчим, а також при цьому методі знімається більша кількість матеріалу, тому доцільно обрати метод виготовлення заготовки – куванням.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити:

$$E = (82,48 - 77,1) \cdot 600 = 3228 \text{ грн}$$

#### 4.2 Розрахунок загального освітлення металічного цеху

Вихідні дані для розрахунку: виробниче приміщення цеху з металорізальними верстатами; габарити приміщення –  $12 \times 30$  м; тип лампи загального освітлення – ДРЛ; потужність лампи 400 Вт; світловий потік лампи 22000 лм; норма освітленості при загальному освітленні не менш 150 лк. Освітлення робочого місця – найважливіший фактор створення нормальних умов праці [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

1. Визначаємо кількість світильників загального освітлення з лампами ДРЛ, 400:

$$\lambda = \frac{L}{H_p} \quad (4.5)$$

звідси:

$$L = \lambda \times H_p \quad (4.6)$$

де  $L$  – відстань між світильниками, м;

$H_p = 4$  – висота підвісу світильників, м;

$\lambda = 1,8$  – коефіцієнт найгіршого розташування світильників.

$$L = 1,8 \times 4 = 7,2 \text{ (м)}.$$

Кількість ламп:

$$N^2 = \frac{S}{L} \quad (4.7)$$

де  $S$  – площа цеху:

$$S = A \times B \quad (4.8)$$

$$S = 12 \times 30 = 360 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$N = \sqrt{\frac{360}{7,2}} = 7.$$

2. Визначаємо світловий потік лампи:

$$F_{л.расч} = \frac{E \times S \times K \times Z}{N \times \eta} \quad (4.9)$$

де:  $E = 150$  – нормована освітленість, лк;

$S = 360$  – площа цеху,  $m^2$ ;

$K = 1,7$  – коефіцієнт заласу (для приміщень з великим виділенням пилу);

$Z = 1,1(1,1...1,5)$  – поправочний коефіцієнт (відношення середньої освітленості до мінімальної горизонтальної);

$N = 7$  – кількість світильників, причому в кожному світильнику знаходиться одна лампа ДРЛ-400;

$i$  – коефіцієнт використання світлового потоку, залежить від індексу приміщення, типу світильника і коефіцієнта відображення стелі і стін.

Індекс приміщення визначається з формули:

$$i = \frac{A \times B}{(A + B) \times H_p} = \frac{12 \times 30}{(12 + 30) \times 4} = 2,14. \quad (4.10)$$

При коефіцієнті відбиття стелі 50% і стін 30% коефіцієнт використання світлового потоку для різних типів світильників має наступні значення:

- при  $i = 2$  –  $\eta = 0,34...0,57$ ;

- при  $i = 3$  –  $\eta = 0,37...0,62$ ;

Проведемо інтерполяцію, щоб визначити інтервал значень  $\eta$  при  $i = 2,14$ .

Нижня межа:

$$\frac{(0,37 - 0,34) \times 14}{100} + 0,34 = 0,344.$$

Верхня межа:

$$\frac{(0,62 - 0,57) \times 14}{100} + 0,57 = 0,577.$$

Одержали  $i = 2,14$ ,  $\eta = 0,344 \dots 0,577$ .

Приймаємо:  $\eta = 0,461$ .

$$F_{л.расч} = \frac{150 \times 360 \times 1,7 \times 1,1}{7 \times 0,461} = 31292 \text{ лм.}$$

$$\frac{F_{л.расч}}{F_{л.табл}} = \frac{31292}{22000} = 1,42.$$

$F_{л.расч}$  у півтора рази більше, ніж  $F_{л.табл.мах}$ , тому кількість ламп, отримана при первісному розрахунку збільшуємо у півтора рази:

$$N = 7 \times 1,42 \approx 10 \text{ (шт.)}$$

При цьому:

$$F_{л.расч} = \frac{150 \times 360 \times 1,7 \times 1,1}{10 \times 0,461} = 21899 \text{ (лм)}.$$

Одержали, що  $F_{л.расч} = 0,995 \times F_{л.табл}$ .

Це задовольняє умові  $F_{л.расч} = (0,9 \dots 1,2) \times F_{л.табл}$ .

3. Визначаємо споживану потужність ламп:

$$P = p \times N \times n \tag{4.11}$$

де  $p = 400$  – потужність лампи, Вт;

$n = 1$  – кількість ламп у світильнику;

$$P = 400 \times 10 \times 1 = 4000 \text{ (Вт)}.$$

4. Тепер необхідно розташувати 4 лампи у шаховому порядку на стелі площею 360 м<sup>2</sup>.

Відстань між світильниками дорівнює:

$$L = \left( \frac{S}{N} \right)^{0,5} = \left( \frac{360}{16} \right)^{0,5} = 6 \text{ (м)}. \quad (4.12)$$

Розташуємо світильники у два ряди, у першому і в другому ряді – по 5 світильників. Схема розташування світильників відображена на рисунку 4.1.

Рисунок 4.1 – Схема розташування світильників

### 4.3 Вплив викидів машинобудування на гідросферу

На частку галузі припадає близько 6...8% від загального обсягу води. Що стосується скидання стічних вод до поверхневих водойм, то на машинобудівну галузь припадає близько 5...6% від загальних промислових скидів. Що стосується об'єму промислового скидання, то внесок галузі складає близько 12%.

Головним джерелом забруднення поверхневих вод є скидання змашувально-охолоджувальних речовин, електролітів, мийних рідин. Вони містять нафтопродукти, розчинні з'єднання металів, саєиси, хімічно шкідливі елементи.

Основними видами забруднення стічних вод є механічні зависі – окалина, пісок, стружка металева, флоси. Також сюди відносяться і мінеральні мастила. Вони є продуктом переробки фракцій нафти. Активна реакція стічних вод наближується до нейтральної. Потрапивши до водойми стічні води чинять токсичний вплив на водні та рослинні організми. Також вони скорочують вміст кисню у воді. Призводять до погіршення якості питної води.

Якщо розглядати металургійні цехи, то вони використовують воду переважно для охолодження печей. Основними домішками будуть завислі речовини та мастила. При прокатуванні металів, термічній обробці, знежирення деталей, обробці різанням та тиском влібується забруднення стічних вод мінеральними мастилами, іншими нафтопродуктами, а також за рахунок витоків з систем змащення обладнання. Вміст нафтопродуктів може сягати до 1,2 кг/л.

Мастило стічних вод частково плаває на поверхні, частково емульсоване.

Одним із найбільш крупних джерел забруднення вод є гальванічне виробництво. Стічні води цехів такого типу зазвичай містять йонні домішки катіонів (цинк, мідь, кадмій, хром, свинець, залізо, ртуть та ін.), їх гідроксиди, аніони, а також поверхнево активні речовини.

Основними домішками від діяльності термічних цехів у стічних водах є пиломінерального походження, важкі метали, окалина, ціаніди, луги та мастила.

Забруднювачі, що утворюються під час знежирення поверхонь, визначаються конкретним типом розчинника, що застосовується. Найбільш широко використовуються розчини луг, фреони та хлорорганічні розчинники.

Отже, очищення стічних вод є важливим 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 редуктору рульового механізму гелікоптера, що використовується для обприскування у сільському господарстві. Проведено аналіз стакану. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь стакану. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 62K6 \begin{matrix} +0,004 \\ -0,015 \end{matrix}$  мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки стакану. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, параметрів вилкового приводу, слабкої ланки.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки стакану редуктора рульового. Річний економічний ефект для програми випуску 600 шт. склав 3228 грн. Окрім того, наведено методику розрахунку загального освітлення виробничого приміщення. Розглянуто особливості забруднення стічних вод машинобудівними підприємствами.

5 У графічній частині наведено складальний креслення вузла редуктора рульового, робочий креслення стакану, креслення заготовки стакану, складальний креслення затискного пристосування для виконання операції механічної обробки.