

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036 з
дослідженням процесу зміцнення різьбових поверхонь

Виконав: студент VI курсу, групи МПм-61

спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

<hr/>	Зелінський А.Б.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Керівник	Пулька Ч.В.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль	Ткаченко І.Г.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри	Окіпний І.Б.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Рецензент	(підпис)
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036 з дослідженням процесу зміцнення різьбових поверхонь”.

У кваліфікаційній роботі представлено конструктивну схему пристрою для зміцнення різьбових поверхонь. Встановлено, що при взаємному обертанні вихрової головки та деталі із різьбовою поверхнею відбувається ударна взаємодія між роликками та поверхнею різьби, внаслідок чого відбувається зміцнення різьбової поверхні, що пов'язано із виникненням явища наклепу, крім того знижується шорсткість зміцненої поверхні. Проведено дослідження динаміки процесу зміцнення різьбових поверхонь запропонованим пристроєм. Виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи. Розв'язок системи диференціальних рівнянь виконано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта із нульовими початковими координатами. При цьому розв'язок представлено у вигляді числових даних та графіків.

Представлено результати експериментальних досліджень твердості різьбової поверхні, зміцненої ударним способом роликками з використання спеціального пристрою.

Також вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036. Проведено розрахунок заготовки, розроблено схеми базування, підбрано інструменти, обладнання, режими різання, спроектовано пристосування.

ЗМІСТ

Вступ .....	.....
1 Аналітична частина	
1.1. Аналіз стану питання.....	.....
1.2. Службове призначення деталі.....	.....
1.3. Висновки та постановка задач.....	.....
2 Науково-дослідна частина	
2.1. Дослідження динаміки процесу зміцнення різьбових поверхонь.....	.....
2.2. Результати експериментальних досліджень твердості зміцненої різьбової поверхні.....	.....
2.3. Висновки.....	.....
3 Технологічно-конструкторська частина	
3.1. Аналіз технологічності деталі.....	.....
3.2. Вибір способу одержання заготовки.....	.....
3.4. Формування технологічного процесу .....	.....
3.5. Визначення припусків на оброблення.....	.....
3.6. Визначення режимів різання.....	.....
3.7. Розрахунок пристосування.....	.....
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.1. Розробка засобів захисту від статичної електрики виробничого обладнання.....	.....
4.2. Проведення робіт на машинобудівному підприємстві у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.....	.....
Висновки.....	.....
Перелік посилань.....	.....

ВСТУП

Геометрія різьбових з'єднань із виступами і впадинами створює передумови створення концентраторів напружень у матеріалах деталей із різьбовими поверхнями. Це призводить до виникнення мікротріщин на поверхні різьби при ударних навантаженнях, накопичення яких сприяє формуванню більших втомних тріщин із руйнуванням матеріалу. Для протидії формуванню таких тріщин на фінішних операціях виготовлення деталей із різьбовими поверхнями використовуються методи поверхневого пластичного деформування матеріалу, що забезпечують формуванню напружень стиску на різьбових поверхнях. До таких методів відносяться обкатування поверхні роликami, динамічні методи зміцнення, серед яких є штампування, ударні навантаження, вібраційні навантаження, дробеструйна обробка.

Також для зміцнення різьбових поверхонь можуть використовуватись термохімічні методи із застосуванням струмів високої частоти. Проте при таких методах також не забезпечується однорідність нагрівання виступів і впадин різьбової поверхні, а також використовується значна кількість енергії.

В наслідок фрикційного зміцнення різьбової поверхні із застосуванням мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ відбувається різке зростання температури поверхні із наступним різким охолодженням, що призводить до виникнення фізико-хімічних процесів, які сприяють підвищенню міцності різьбової поверхні.

Тому подальші дослідження зміцнення різьбових поверхонь методами поверхневого пластичного деформування із застосуванням роликів є актуальними.

Актуальним є також вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036 із проведенням розрахунків заготовки, розробленням схем базування, підбиранням інструментів, обладнання, режимів різання, проектуванням пристосування.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Різьбові з'єднання є одними із найпоширеніших у машинобудуванні. У багатьох випадках вони піддаються дії абразивних середовищ, навантажень сил розтягу або стиску, крутних моментів а також циклічних ударних навантажень. Геометрія різьбових з'єднань із виступами і впадинами створює передумови створення концентраторів напружень у матеріалах деталей із різьбовими поверхнями. Це призводить до виникнення мікротріщин на поверхні різьби при ударних навантаженнях, накопичення яких сприяє формуванню більших втомних тріщин із руйнуванням матеріалу. Найбільші руйнування виникають на перших трьох витках різьбової поверхні [22], [28]. Для протидії формуванню таких тріщин на фінішних операціях виготовлення деталей із різьбовими поверхнями використовуються методи поверхневого пластичного деформування матеріалу, що забезпечують формуванню напружень стиску на різьбових поверхнях. До таких методів відносяться обкатування поверхні роликami, динамічні методи зміцнення, серед яких є штампування, ударні навантаження, вібраційні навантаження, дробеструйна обробка. В ударно-вібраційних та дробеструйних машинах енергія формування напружень стиску на поверхні деталі обмежується швидкістю та масою робочих елементів, що взаємодіють із поверхнею деталі. При цьому не забезпечується однорідне оброблення різьбових поверхонь.

Також для зміцнення різьбових поверхонь можуть використовуватись термохімічні методи із застосуванням струмів високої частоти. Проте при таких методах також не забезпечується однорідність нагрівання виступів і впадин різьбової поверхні, а також використовується значна кількість енергії.

У роботі [22] розроблено вібраційно-відцентровий процес та устаткування для зміцнення різьбових поверхонь, довговічність яких зростала удвічі порівняно із поверхнями, що не піддавались процесу зміцнення. На рисунках

1.1, 1.2 представлено пристрій для вібраційно-відцентрового зміцнення різьбових поверхонь, що представлений у статті [22].

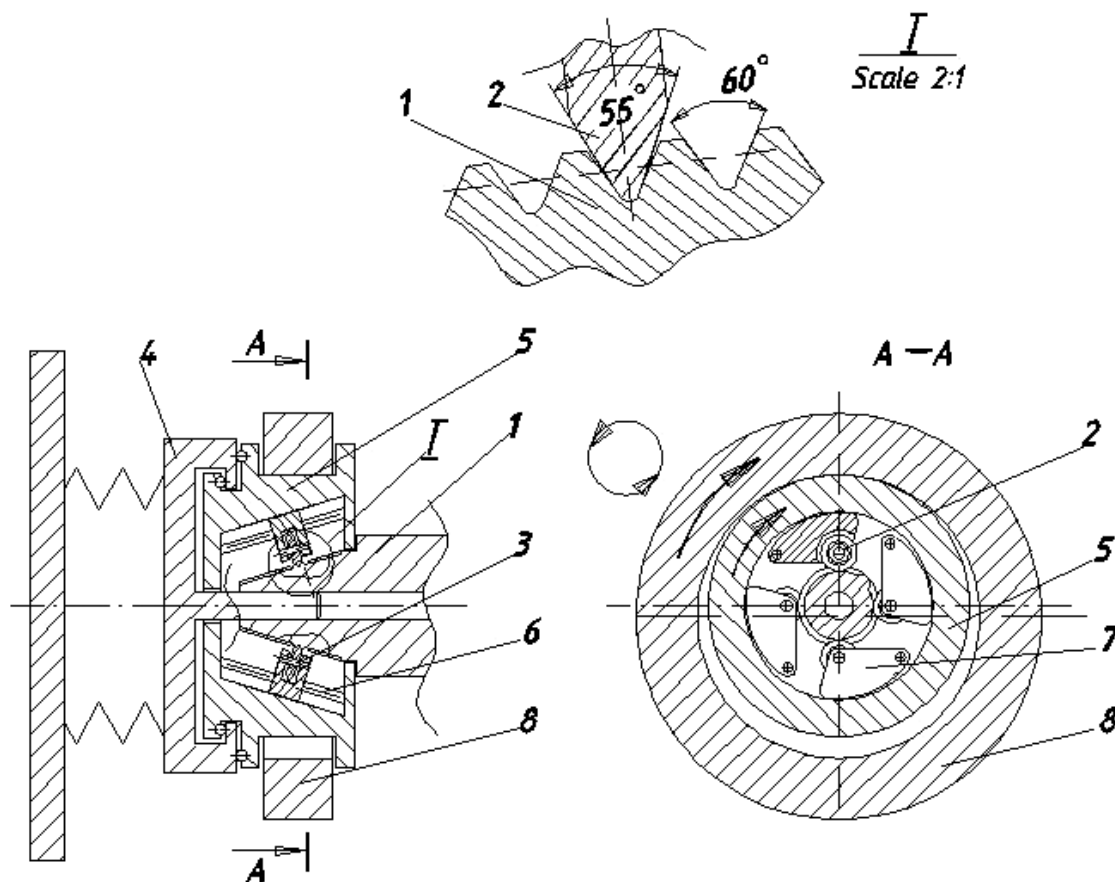


Рисунок 1.1 - Схема пристрою для вібраційно-відцентрового зміцнення різьбових поверхонь [22]

Особливістю такого процесу є передача значної кількості енергії під час деформування поверхневого шару різьби, що забезпечується енергією удару елементів устаткування, які контактують із поверхнею, а також силою інерції масивного ролика, що обертається з постійною частотою.

Заготовка 1 закріплюється на плиті 4 і піддається дії вібрації із частотою f 15 - 24 Гц та амплітудою, що перевищує висоту профілю різьби. При цьому виникає обертовий рух сепаратора 5 із роликami 2, що призводить до виникнення ударної взаємодії останніх із різьбовою поверхнею. При частоті 24 Гц виникає 4500 таких ударів.

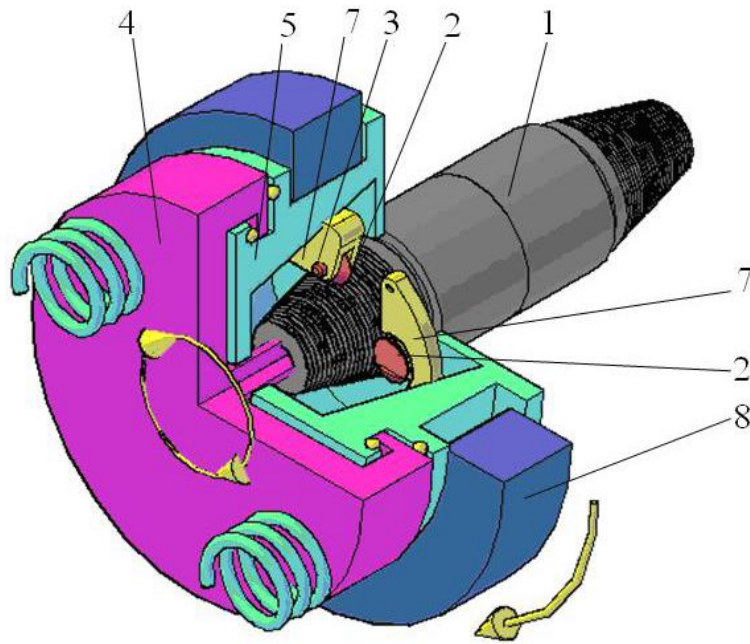


Рисунок 1.2 - Трьохмірне зображення пристрою для вібраційно-відцентрового зміцнення різьбових поверхонь [22]

Сила вібраційно-відцентрового зміцнення різьбових поверхонь визначається за формулою [25]:

$$P = \omega^2 (m_r \varepsilon_r + m_s \varepsilon_s), \quad (1.1)$$

де $\omega = 2\pi f$ - кругова частота пристрою;

m_r - маса ролика;

ε_r - ексцентриситет розміщення ролика;

m_s - маса сепаратора;

ε_s - ексцентриситет розміщення сепаратора.

Контактні напруження на різьбовій поверхні [26]:

$$\sigma_r = \frac{P}{S_k}, \quad (2.1)$$

де S_k - площа контакту, знаходиться в межах 2,5 – 3 мм.

При цьому контактні напруження досягають величин 440 – 530 МПа [22].

На основі пристрою на рис. 1.2 у роботі [22] розроблено машину для вібраційно-відцентрового зміцнення різьбових поверхонь, що зображена на рис. 1.3.

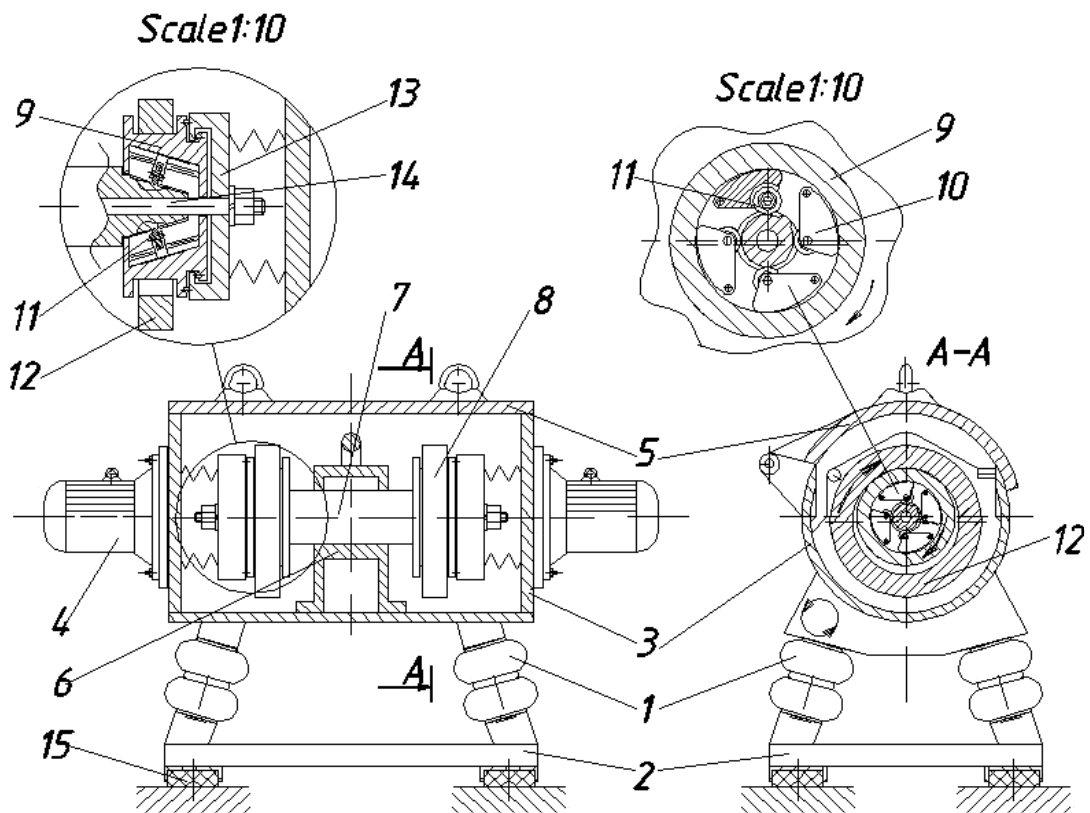


Рисунок 1.3 – Конструкція машини для вібраційно-відцентрового зміцнення різьбових поверхонь [22]

В результаті накатування різьбових поверхонь, з наступним їх зміцненням методами поверхневого пластичного деформування, на поверхні здійснюється стиснення волокон матеріалу заготовки із напруженнями стиску, як це показано на рис. 1.4.

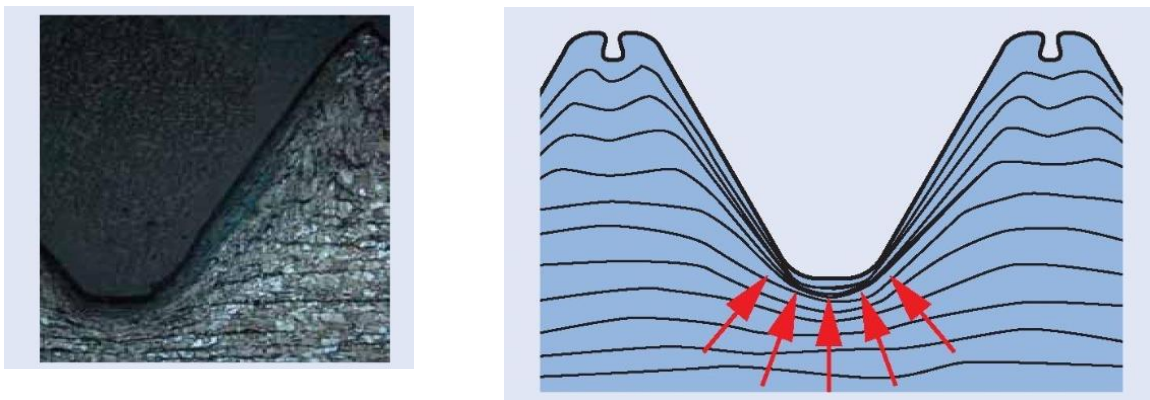


Рисунок 1.4 – Формування поверхневого шару зміцнених різьбових поверхонь

У роботі [27] розглянуто фрикційне зміцнення різьбових поверхонь, що характеризується не тільки виникненням явища наклепу на різьбовій поверхні, а також і явищами зміни фазової структури самого матеріалу. В результаті аналізу особливостей геометрії різьбових поверхонь, зокрема конічних розроблено спеціальний інструмент для фрикційного зміцнення різьбових поверхонь, що представлений на рис. 1.5 та 1.6.

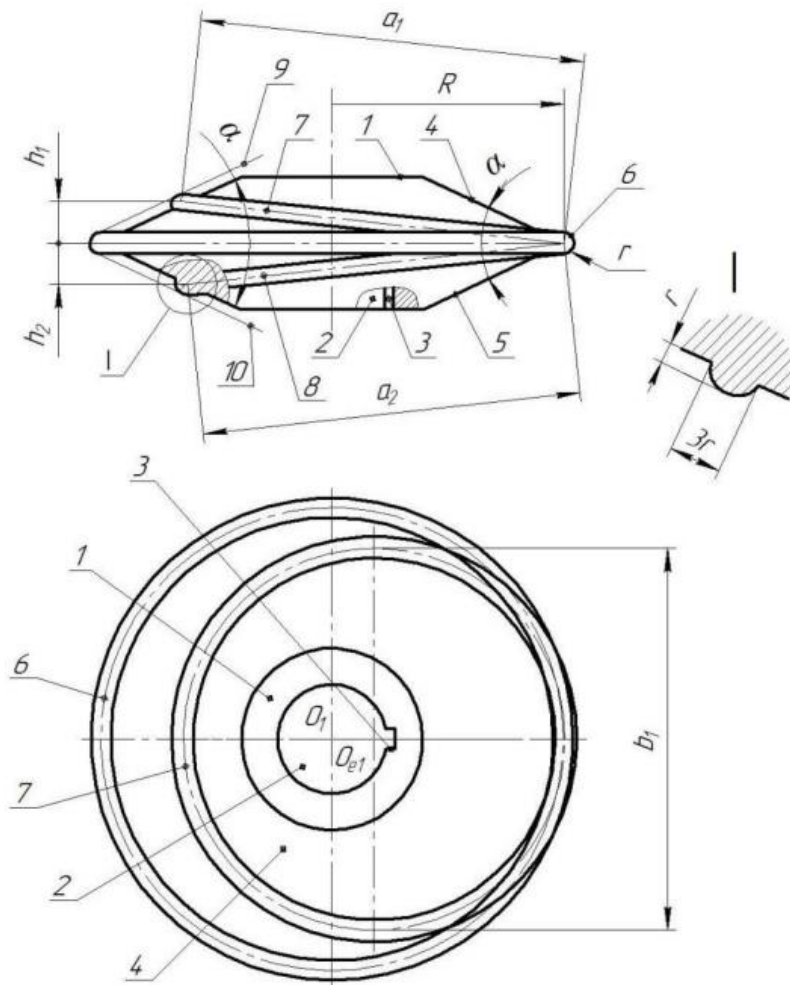


Рисунок 1.5 – Інструмент для фрикційного зміцнення різьбових поверхонь [27]

Схема фрикційного зміцнення різьбової поверхні, запропонованим інструментом (рис. 1.5) представлена на рис. 1.7. В наслідок такого процесу із застосуванням мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ відбувається різке зростання температури поверхні із наступним різким

охлаждением, що призводить до виникнення фізико-хімічних процесів, які сприяють підвищенню міцності різьбової поверхні.

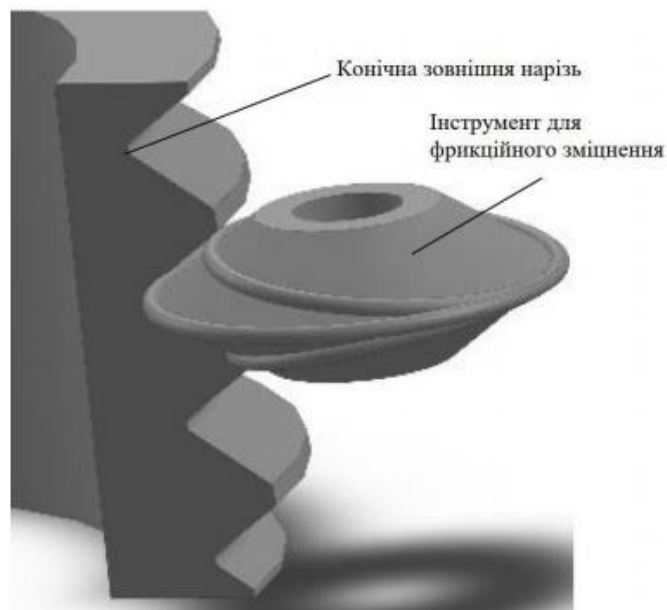


Рисунок 1.6 – Трьохмірне зображення інструмента для фрикційного зміцнення різьбових поверхонь [27]

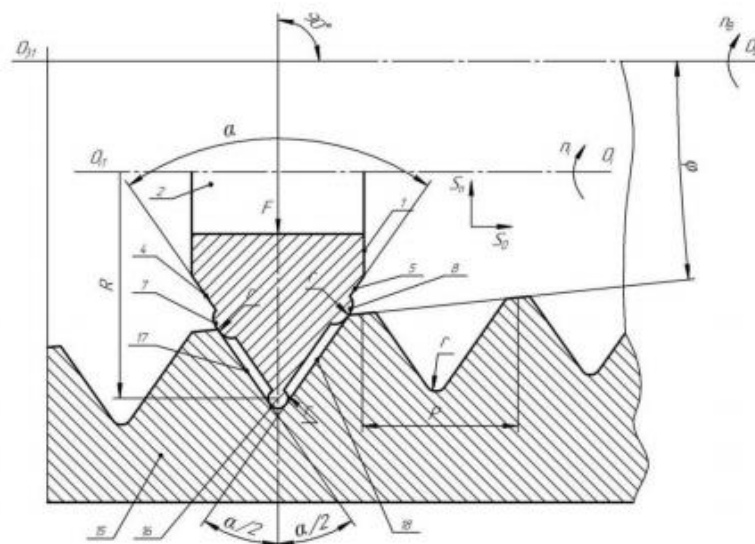


Рисунок 1.7 – Схема фрикційного зміцнення різьбової поверхні [27]

В результаті фрикційного зміцнення за схемою рис. 1.7 відбувається підвищення втомної міцності обробленої поверхні різьби в 1,15 - 2 рази [27], що зображено на графіках рисунку 1.8

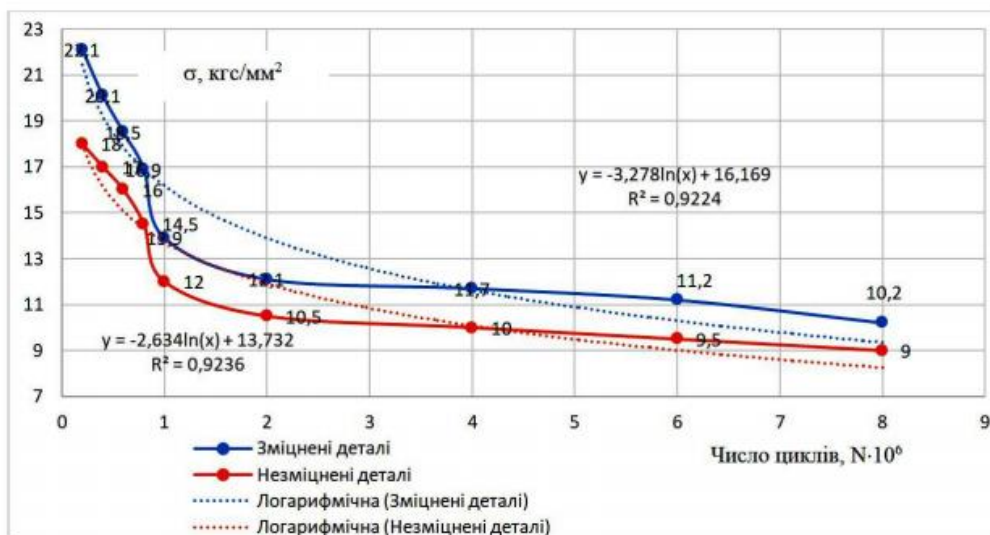


Рисунок 1.8 – Графіки порівняння втомної міцності зміцненої та незміцненої поверхні різьби [27]

Для підвищення якості зміцнених різьбових поверхнях у авторському свідоцтві SU 1442313 A1 запропонована одночасна обробка двох впадин поверхні різьби спеціальним роликом, що зображено на рис. 1.9.

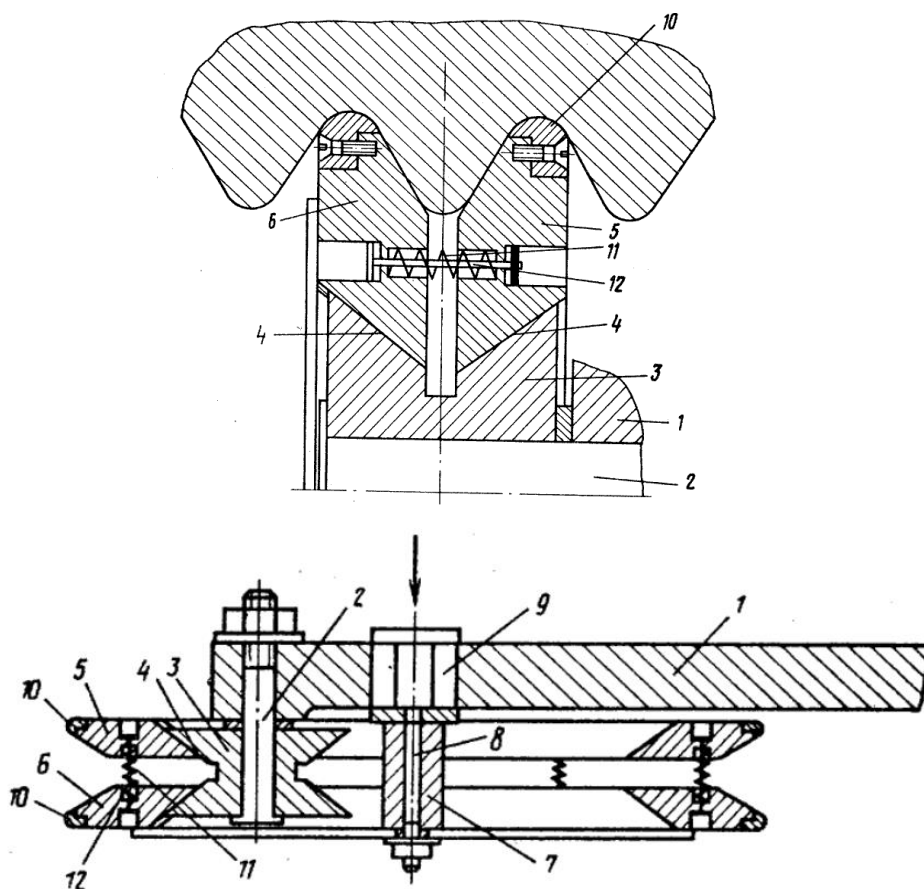


Рисунок 1.9 – Ролик для зміцнення різьбових поверхонь (авторське свідоцтво SU 1442313 A1)

1.2. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” ЖИЦД 732125.036 входить в конструкцію світильника, що використовується для освітлення промислових об’єктів. Виготовляється методом лиття із алюмінієвого сплаву АК12.

До основних поверхонь деталі віднесено такі поверхні: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 140H9^{(+0,1)}$; Ra2,7, яка призначена для установки кільця; внутрішня різьова поверхня M130×2-7H – для закріплення кільця в корпусі; торцева поверхня 152h14_(-1,0); Ra12,7 призначена для щільного контакту корпусу з кільцем; три різьові отвори M4-7H; l=10; отвір з трубною циліндричною різью $G\frac{1}{2}-B$; Ra6,5 – для приєднання корпусу з електромагнітним апаратом; два різьові отвори M4-7H; l=10; Ra6,5 – для кріплення планки лампотримача.

Результати аналізу технічних вимог до деталі представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість, мкм
1	2	3	4
1	Торцева поверхня 152h14 _(-1,0)	14	Ra12,7
2	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 140H9^{(+0,10)}$; l=5	9	Ra2,7
3	Внутрішня фаска 2×45°	14	Ra12,7
4	Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	12	Ra12,7
5	Внутрішня канавка $\varnothing 131^{+1,0}$; 8 ^{+0,36} ; 45°	14	Ra12,7
6	Внутрішня торцева поверхня 33±0,31	14	Ra12,7
7	Внутрішня різьова поверхня M130×2-7H	12	Ra6,5
8	Внутрішня торцева поверхня 5±0,1	14	Ra6,5
9	Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різь $G\frac{1}{2}-B$	12	Ra12,7
10	Внутрішня фаска 1,6×45°	14	Ra12,7

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4
11	Різь трубна циліндрична $G \frac{1}{2} - B, l=16 \text{ min}$	12	Ra6,5
12,13,14	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$ під різь М4-7Н; $l=15^{+0,43}; \varnothing 62 \pm 0,2$	12	Ra6,5
15,16,17, 23,24	Внутрішня фаска $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra12,7
18,19,20	Різовий глухий отвір М4-7Н; $l=10; \varnothing 62 \pm 0,2$	12	Ra6,5
21,22	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$ під різь М4-7Н; $l=15^{+0,43}; 108 \pm 0,2$	12	Ra6,5
25,26	Різовий глухий отвір М4-7Н; $l=10; 108 \pm 0,2$	12	Ra6,5

1.3. Висновки та постановка задач

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що геометрія різьбових з'єднань із виступами і впадинами створює передумови створення концентраторів напружень у матеріалах деталей із різьбовими поверхнями. Це призводить до виникнення мікротріщин на поверхні різьби при ударних навантаженнях, накопичення яких сприяє формуванню більших втомних тріщин із руйнуванням матеріалу. Для протидії формуванню таких тріщин на фінішних операціях виготовлення деталей із різьбовими поверхнями використовуються методи поверхневого пластичного деформування матеріалу, що забезпечують формуванню напружень стиску на різьбових поверхнях. До таких методів відносяться обкатування поверхні роликami, динамічні методи зміцнення, серед яких є штампування, ударні навантаження, вібраційні навантаження, дробеструйна обробка.

Також для зміцнення різьбових поверхонь можуть використовуватись термохімічні методи із застосуванням струмів високої частоти. Проте при таких

методах також не забезпечується однорідність нагрівання виступів і впадин різьбової поверхні, а також використовується значна кількість енергії.

В наслідок фрикційного зміцнення різьбової поверхні із застосуванням мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ відбувається різке зростання температури поверхні із наступним різким охолодженням, що призводить до виникнення фізико-хімічних процесів, які сприяють підвищенню міцності різьбової поверхні.

Тому подальші дослідження зміцнення різьбових поверхонь із застосуванням роликів є актуальними.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Розробити конструктивну схему пристрою для зміцнення різьбових поверхонь із застосуванням роликів.

2. Провести дослідження динаміки процесу зміцнення різьбових поверхонь запропонованим пристроєм.

3. Вивести та розв'язати числовим методом систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи.

4. Представити результати експериментальних досліджень твердості різьбової поверхні, зміцненої ударним способом роликками з використання спеціального пристрою залежно від зміни трьох основних факторів: частоти обертання кільця із роликками, тривалості процесу зміцнення та радіуса розташування роликів.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз технологічності деталі

Визначення показників технологічності корпусу ЖИЦД 732125.036 ґрунтуються на числових даних, приведених в таблиці 1.1.

Розрахунок коефіцієнта точності обробки корпусу ЖИЦД 732125.036:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (3.1)$$
$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 11 + 12 \cdot 14 + 9 \cdot 1}{26} = 12,73;$$
$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,73} = 0,92.$$

Якщо $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$, то корпус ЖИЦД 732125.036 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь корпусу ЖИЦД 732125.036:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (3.2)$$
$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 13 + 3 \cdot 12}{26} = 3,58,$$
$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,58} = 0,28.$$

Якщо $K_{\text{ш}} = 0,28 > 0,16$, то корпус ЖИЦД 732125.036 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів корпусу ЖИЦД 732125.036

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{20}{26} = 0,77. \quad (3.3)$$

Якщо $K_{\text{у.е.}} = 0,77 > 0,6$, то корпус ЖИЦД 732125.036 є технологічним.

На основі одержаних розрахунків встановлено, що деталь “Корпус” ЖИЦД 732125.036 є технологічною і немає потреби щодо зміни її конструкції, технічних вимог, матеріалу.

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Існують різноманітні способи виготовлення заготовки корпуса ЖИЦД 732125.036, серед яких приділено увагу двом способам:

- 1) литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин;
- 2) литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей.

Розрахунки припусків для корпуса ЖИЦД 732125.036 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.1).

Формули для розрахунку об’єму та маси заготовок:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (3.4)$$

$q = 1,0$ – маса деталі, кг;

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (3.5)$$

Таблиця 3.1 – Припуски корпуса ЖИЦД 732125.036

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин – 7 клас; ряд– 1				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 140H9^{(+0,10)}$	Ra2,7	1,2	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 136 \pm 0,6$
Торцева поверхня $152h14_{(-1,0)}$	Ra12,7	1,2	1,2	$153,2 \pm 0,6$
Внутрішня торцева поверхня $5 \pm 0,1$	Ra6,5	0,56	0,9	$4,1 \pm 0,28$ на кресленні $5,3 \pm 0,28$

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	Ra12,7	1,2	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 125,5 \pm 0,6$
Внутрішня торцева поверхня $33 \pm 0,31$	Ra12,7	0,9	1,1	$31,9 \pm 0,45$ на кресленні $33,1 \pm 0,45$
Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різь $G \frac{1}{2} - B$	Ra12,7	0,8	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 16,75 \pm 0,4$
2) литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей – 11 клас; ряд– 3				
Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	Ra6,5	5,0	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 117,9 \pm 2,5$
Торцева поверхня $152h14(-1,0)$	Ra12,7	5,0	5,0	$157 \pm 2,5$
Внутрішня торцева поверхня $33 \pm 0,31$	Ra12,7	3,6	4,2	$28,8 \pm 1,8$ на кресленні $33,8 \pm 1,8$

Об'єм циліндричних частин деталі:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} \quad (3.6)$$

Визначаємо об'єм припусків:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (154^2 - 136^2) \cdot 1,2}{4} = 4917,24 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (140^2 - 136^2) \cdot 4,1}{4} = 3553,22 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (127,9^2 - 125,5^2) \cdot 27,8}{4} = 13271,88 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (18,75^2 - 16,75^2) \cdot 17}{4} = 947,5 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 15}{4} \cdot 5 = 641,15 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i} ;$$

$$V_{\text{пр}} = 4917,24 + 3553,22 + 13271,88 + 947,5 + 641,15 = 23330,99 \text{ (мм}^3\text{)} = \\ = 23,331 \text{ см}^3.$$

- литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (154^2 - 117,9^2) \cdot 5,0}{4} = 38526,2 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (127,9^2 - 117,9^2) \cdot 28,8}{4} = 55570,5 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 18,75^2 \cdot 17}{4} = 4691,6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 15}{4} \cdot 5 = 641,15 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i} ;$$

$$V_{\text{пр}} = 38526,2 + 55570,5 + 4691,6 + 641,15 = 99429,45 \text{ (мм}^3\text{)} = 99,43 \text{ см}^3.$$

Загальні маси припусків:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$m_{\text{пр1}} = 23,331 \cdot 2,6 = 60,7 \text{ г} \approx 0,061 \text{ кг}.$$

– литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей:

$$m_{\text{пр2}} = 99,43 \cdot 2,6 = 258,52 \text{ г} \approx 0,26 \text{ кг}.$$

На основі попередніх розрахунків визначаємо маси заготовок:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$Q_1 = 1,0 + 0,061 = 1,061 \text{ кг}.$$

– литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей

$$Q_2 = 1,0 + 0,26 = 1,26 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.7)$$

– для литва під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{1,0}{1,061} = 0,94.$$

– для литва у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{1,0}{1,26} = 0,79.$$

Порівнюючи коефіцієнти використання матеріалу, для виготовлення заготовки використовуємо литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин.

3.4. Формування технологічного процесу

Порівняння двох маршрутів механічної обробки корпусу ЖИЦД 732125.036 із вибором оптимального надано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння двох маршрутів механічної обробки корпусу
ЖИЦД 732125.036

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Торцева поверхня 152h14 _(-1,0)	14	Ra12,7	Напівчистове точіння поперечною подачею	Проточування широким різцем
2	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 140H9^{(+0,10)}$; l=5	9	Ra2,7	Напівчистове розточування Чистове розточування	—
3	Внутрішня фаска 2×45°	14	Ra12,7	Розточування напівчистове	—
4	Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	12	Ra12,7	Розточування напівчистове	—
5	Внутрішня канавка $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; 45°	14	Ra12,7	Розточування напівчистове методом копіювання спеціальним різцем	Розточування напівчистове при поздовній подачі
6	Внутрішня торцева поверхня 33±0,31	14	Ra12,7	Напівчистове точіння поперечною подачею	—
7	Внутрішня різева поверхня M130×2-7H	12	Ra6,5	Нарізання різі різцем	Нарізання різі фрезою

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
8	Внутрішня торцева поверхня $5\pm 0,1$	14	Ra6,5	Напівчистове точіння поперечною подачею Чистове точіння поперечною подачею	–
9	Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різь $G\frac{1}{2}-B$	12	Ra12,7	Розсвердлювання	Зенкерування
10	Внутрішня фаска $1,6\times 45^\circ$	14	Ra12,7	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом
11	Різь трубна циліндрична $G\frac{1}{2}-B, l=16\text{ min}$	12	Ra6,5	Нарізання різі мітчиком	–
12,1 3,14	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$ під різь M4-7H; $l=15^{+0,43}$; $\varnothing 62\pm 0,2$	12	Ra6,5	Свердління по кондуктору	1. Центрування 2. Свердління
15, 16, 17, 23, 24	Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	14	Ra12,7	Зенкування або при свердлінні спеціальним комбінованим свердлом	Утворення при центруванні спеціальним свердлом
18, 19, 20	Різовий глухий отвір M4-7H; $l=10$; $\varnothing 62\pm 0,2$	12	Ra6,5	Нарізання різі мітчиком	–
21, 22	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$ під різь M4-7H; $l=15^{+0,43}$; $108\pm 0,2$	12	Ra6,5	Свердління по кондуктору	Центрування Свердління
25, 26	Різовий глухий отвір M4-7H; $l=10$; $108\pm 0,2$	12	Ra6,5	Нарізання різі мітчиком	–

Оптимальний маршрут обробки корпусу ЖИЦД 732125.036.

005. Токарна з ЧПК

2. Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір $152_{-1,0}$.

3. Розточити попередньо отвір 2, підрізати попередньо торець 3, розточити остаточно внутрішню фаску 8, розточити остаточно внутрішню

циліндричну поверхню 4 під різь M130×2-7H, підрізати остаточно торець 6 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 139,51^{+0,25}$; $4,7\pm 0,1$; $2\times 45^\circ$; $\varnothing 127,9^{+0,4}$; $33\pm 0,31$.

4. Розточити остаточно отвір 2, підрізати остаточно торець 3 послідовно, витримуючи розміри $\varnothing 140^{+0,1}$; $5\pm 0,1$.

5. Розточити остаточно внутрішню канавку 5, витримуючи розміри $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; 45° .

6. Нарізати внутрішню різь 7 по програмі, витримуючи розміри M130×2-7H; l=18 на токарному верстаті з ЧПК мод. 16K20Ф3.

7. Зняти деталь.

8. Перевірити розміри: $2\times 45^\circ$; $33\pm 0,31$; $\varnothing 140^{+0,1}$; $5\pm 0,1$; $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; 45° ; M130×2-7H. Контроль 30%.

010. Свердлильна з ЧПК.

1. Розсвердлити наскрізний отвір 9 під різь $G\frac{1}{2}-B$, витримуючи розмір $\varnothing 18,75^{+0,28}$.

2. Зенкувати фаску 10, витримуючи розмір $1,6\times 45^\circ$.

3. Нарізати різь 11, витримуючи розміри $G\frac{1}{2}-B$, l=16 min. на свердлильному верстаті з ЧПК.

015. Вертикально-свердлильна.

Свердлити три отвори 12, 13, 14 під різь M4-7H з формуванням трьох фасок 15, 16, 17 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l = 15^{+0,43}$; $\varnothing 62\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$ на вертикально-свердлильному верстаті.

020. Вертикально-свердлильна.

Свердлити два отвори 21, 22 під різь M4-7H з формуванням двох фасок 23, 24 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l = 15^{+0,43}$; $108\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$ на вертикально-свердлильному верстаті.

025. Вертикально-свердлильна.

Нарізати різь 18, 19, 20 в трьох отворах одночасно, витримуючи розміри М4-7Н; $l=10$; $\varnothing 62 \pm 0,2$ на вертикально-свердлильному верстаті.

030. Вертикально-свердлильна.

Нарізати різь 25, 26 в двох отворах одночасно, витримуючи розміри М4-7Н; $l=10$; $108 \pm 0,2$ на вертикально-свердлильному верстаті.

035. Контроль.

3.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунки припусків для корпусу ЖИЦД 732125.036 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня $152h14_{(-1,0)}$					
Напівчистове точіння	14	Ra12,7	1,0	1,2	$152_{-1,0}$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	1,2		$153,2 \pm 0,6$
Торцева поверхня $5 \pm 0,1$					
Чистове точіння при поперечній подачі	14	Ra6,5	0,2	0,3	$5 \pm 0,1$
Напівчистове точіння при поперечній подачі	14	Ra12,7	0,2	0,6	$4,7 \pm 0,1$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	0,56	0,9	$4,1 \pm 0,28$
Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різь $G \frac{1}{2} - B$					
Розсвердлювання	14	Ra12,7	0,52	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 18,75^{+0,28}$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	0,8		$\varnothing 16,75 \pm 0,4$

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$					
Розточування напівчистове	12	Ra12,7	0,4	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 127,9^{+0,4}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 52	1,2	–	$\varnothing 125,5 \pm 0,6$

3.6. Визначення режимів різання

Режими різання для конкретних операцій, ріжучі та допоміжні інструменти, моделі обладнання представлено в додатках.

Розрахунки режимів різання для операцій обробки корпусу ЖИЦД 732125.036 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Таблиця режимів різання для операцій обробки корпусу ЖИЦД 732125.036

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _m , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _m , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна з ЧПК										
Перехід 2										
Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір 152 _{-1,0}	1,2	13	1	61	0,77	452	217,7	351,1	0,041	5,91
Перехід 3										
Розточити попередньо отвір 2, підрізати попередньо торець 3, розточити остаточно внутрішню фаску 8, розточити остаточно внутрішню циліндричну поверхню 4 під різь M130×2-7H, підрізати остаточно торець 6 послідовно по програмі, витримуючи розміри	2,305 0,6	11,7	1	61	0,61	712	310	427	0,029	6,4

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нарізати різь 11, витримуючи розміри $G\frac{1}{2} - B, l=16 \text{ mm}$	1,38	40	1	47	1,8	302	18,1	542	0,072	1,7
015 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити три отвори 12, 13, 14 під різь М4-7Н з формуванням трьох фасок 15, 16, 17 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l=15^{+0,43}$; $\varnothing 62\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$	1,65	18,5	1	16	0,15	1402	14,7	212	0,091	2,4
020 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити два отвори 21, 22 під різь М4-7Н з формуванням двох фасок 23, 24 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l=15^{+0,43}$; $108\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$	1,65	18,5	1	16	0,15	1402	14,7	212	0,091	1,81
025 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Нарізати різь 18, 19, 20 в трьох отворах одночасно, витримуючи розміри М4-7Н; $l=10$; $\varnothing 62\pm 0,2$	0,38	28	1	16	0,7	702	9,1	492	0,065	1,71
030 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Нарізати різь 25, 26 в двох отворах одночасно, витримуючи розміри М4-7Н; $l=10$; $108\pm 0,2$	0,38	28	1	16	0,7	702	9,1	492	0,065	1,4

Розрахунки технічних норм часу виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Норми часу виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	T _ц , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п, шт	T _{шт.к.} хв
		T _{у.}	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Токарна з ЧПК	0,518	0,2	0,5	0,411	2,041	0,93	0,143			2,33	28,65	352	2,41
010 Свердлильна з ЧПК	0,146												0,28
015 Вертикально-свердлильна	0,09												0,16
020 Вертикально-свердлильна	0,09												0,16
025 Вертикально-свердлильна	0,06												0,11
030 Вертикально-свердлильна	0,06												0,11

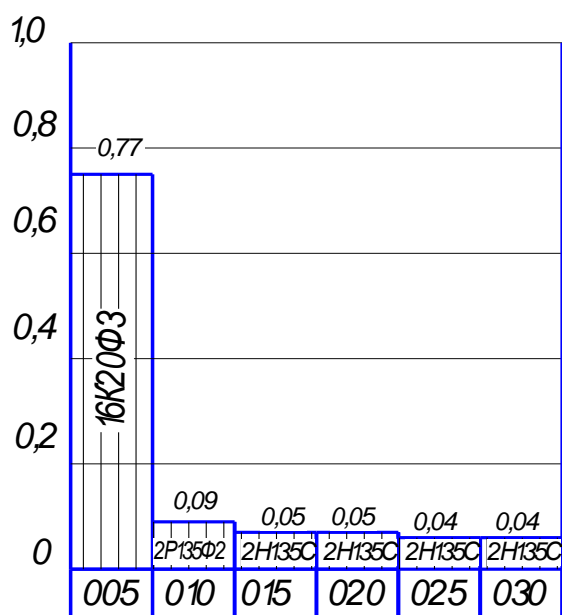


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

3.7. Розрахунок пристосування

Для розсвердлювання отвору $\varnothing 18,75$ мм під трубну різь корпуса ЖИЦД 732125.036 на 010 свердлильній з ЧПК операції розроблено спеціальний пристрій, що представлений у графічній частині із розрахунковою схемою на рис. 3.4. Проведемо розрахунок необхідної сили затиску заготовки для цієї операції.

Заготовка корпуса базується на циліндричну оправку і затискається двома прихватами.

Умова рівноваги при дії моментів різання $M_{\text{різ}}$ та моментів сил тертя, що виникають при затиску заготовки прихватами [23]:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат2}} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{\text{різ}}, \quad (3.8)$$

де $f_1 = 0,2$; $R = 69$ мм; $f_2 = 0,2$; $R_1 = 70$ мм; $R_2 = 77$ мм.

Момент різання [20]:

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.9)$$

де $C_p = 0,031$; $q = 0,85$; $y = 0,8$, $x = 0,8$ [20].

$D = 18,75$ мм;

$S = 0,4$ мм/об;

$t = 1$ мм.

$$K_p = K_{\text{мп}}, \quad K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22;$$

Отже, $M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,031 \cdot 18,75^{0,85} \cdot 1^{0,8} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,22 = 2,19$ Н·м.

Коефіцієнт запасу K [20]:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,7.$$

Отже, сила затиску необхідна на при хватах для виконання операції:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{2 \cdot f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}, \quad (3.10)$$

$$P_{\text{зат}} = \frac{3,7 \cdot 2190}{2 \cdot 0,2 \cdot 69 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{77^3 - 70^3}{3(77^2 - 70^2)}} = 191,5 \text{ Н.}$$

Перевірочний розрахунок сили затиску:

$$P_{\text{зат}} \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i, \quad (3.11)$$

де $F_{\text{шт.тяг.}}$ – сила, що виникає на штоці пневмоциліндра.

Сила, що виникає на штоці пневмоциліндра [14]:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.12)$$

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2 \text{ Н.}$$

Сила тяги пневмоциліндра із врахуванням підсилення за допомогою клинового та важільного механізмів [23]:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}} \cdot l_1}{2 \text{tg}(\beta + \varphi) l_2} \cdot \eta,$$

де $\beta=12^\circ$; $\varphi=11^\circ$; $l_1 = 63$ мм; $l_2 = 67$ мм; $\eta = 0,9$.

Тоді

$$W = \frac{2689,2}{2 \text{tg}(12 + 11)} \frac{63}{67} \cdot 0,9 = 2680,7 \text{ Н.}$$

Розглядаємо умову закріплення заготовки:

$$W > P_{\text{зат}}.$$

В нашому випадку $W = 2680,7 \text{ Н} > P_{\text{зат}} = 191,5 \text{ Н}$.

Висновок: умова затиску заготовки корпусу ЖИЦД 732125.036 на 010 свердлильній з ЧПК операції забезпечується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Розробка засобів захисту від статичної електрики виробничого обладнання

Основні заходи, що використовуються для захисту від статичної електрики виробничого походження включають методи, що виключають або зменшують інтенсивність генерації зарядів, і методи, що знімають утворені заряди. Інтенсивність генерації зарядів можна зменшити відповідним підбором пар тертя або змішуванням матеріалів таким чином, що в результаті тертя один із змішаних матеріалів створює заряд одного знаку, а інший – протилежного. В даний час створений комбінований матеріал з нейлону і дакрону, що забезпечує захист від статичної електрики за цим принципом.

Зміною технологічного режиму обробки матеріалів також можна добитися зниження кількості зарядів, що генеруються (зменшення швидкостей обробки, швидкостей транспортування і зливу діелектричних рідин, зменшення сил тертя).

При заповненні сипкими речовинами або рідинами (діелектриками) резервуарів на вході в них застосовують ємності релаксацій, частіше всього у вигляді заземленої ділянки трубопроводу збільшеного діаметра, що забезпечує стікання всього заряду статичної електрики в землю.

Заряди утвореної статичної електрики усувають частіше всього шляхом заземлення електропровідних частин виробничого обладнання. Опір такого заземлення повинен бути не більше 100 Ом. При неможливості встановлення пристрою заземлення практикується підвищення відносної вологості повітря в приміщенні. Також збільшують об'ємну провідність діелектрика, для чого в нього вносять графіт, ацетиленову сажу, алюмінієву пудру, а в рідкі діелектрики – спеціальні добавки. Для ряду машин і агрегатів знайшли застосування нейтралізатори статичної електрики (коронного розряду, радіоізотопні, аеродинамічні і комбіновані). У всіх типах цих пристроїв шляхом

іонізації повітря поблизу елемента конструкції, що накопичує заряд статичної електрики, утворюються іони, у тому числі із знаком, протилежним знаку заряду, що і викликає його нейтралізацію.

До засобів індивідуального захисту від статичної електрики відносяться електростатичні халати і спеціальне взуття, підошва якого виконана з шкіри або електропровідної гуми, а також антистатичні браслети.

Значно більшу небезпеку представляє атмосферна статична електрика, ефективним засобом захисту від якого є захист від блискавок. Вона включає комплекс заходів і пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, запобіганню вибухів, загорянь і руйнувань будівель, споруд, обладнання і матеріалів від вибухів, можливих при дії блискавок.

Для всіх будівель і споруд, не пов'язаних з виробництвом і зберіганням вибухових речовин, а також для ліній електропередач і контактних мереж проектування і виготовлення захисту від блискавок повинне виконуватися згідно «Інструкції по захисту від блискавок будівель і споруд» РД 34.21.122–87.

Для створення зон захисту застосовують одиночний стрижньовий громовідвід; подвійний стрижньовий громовідвід; багатократний стрижньовий громовідвід; одиночний або подвійний тросовий громовідвід. Контроль за засобами забезпечення електробезпеки, і зокрема за відповідністю їх вимогам безпеки, покладений на службу головного енергетика і електриків підрозділів.

4.2. Проведення робіт на машинобудівному підприємстві у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу

Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт — це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт.

Рятувальні й інші невідкладні роботи у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, є однією з найголовніших задач цивільної оборони. Мета проведення рятувальних робіт – порятунок людей і надання медичної допомоги постраждалим, ліквідація аварій.

До рятувальних робіт відносяться:

— розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;

— локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт;

— визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;

— визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;

— пошук уражених та звільнення їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;

— розкриття завалених захисних споруд та рятування з них людей;

— надання потерпілим першої допомоги та евакуація їх (при необхідності) у лікувальні заклади;

— вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;

— організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;

— відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;

— пошук, розпізнавання і поховання загиблих;

— санітарна обробка уражених;

— соціально-психологічна реабілітація населення.

До невідкладних робіт відносяться:

— прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та на зараженій території;

— локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;

— ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;

— зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт;

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються у три етапи. На першому етапі вирішуються завдання:

— щодо екстреного захисту населення;

— з запобігання розвитку чи зменшення впливу наслідків;

— з підготовки до виконання рятувальних робіт.

Основними заходами щодо екстреного захисту населення є:

— оповіщення про небезпеку;

— використання засобів захисту;

— додержання режимів поведінки;

— евакуація з небезпечних у безпечні райони;

— здійснення санітарно-гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги;

— локалізація аварій;

— зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва;

— попередження (запобігання) і гасіння пожеж,

На другому етапі проводяться:

— пошук потерпілих;

— витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів;

— евакуація людей із зони лиха, аварії, осередку ураження;

— надання медичної допомоги;

— санітарна обробка людей;

— знезараження одягу, майна, техніки, території;

— проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт.

На третьому етапі вирішуються завдання щодо забезпечення життєдіяльності населення у районах, які потерпіли від наслідків надзвичайних ситуацій:

- відновлення чи будівництво житла;
- відновлення енерго-, тепло-, водо-, газопостачання, ліній зв'язку;
- організація медичного обслуговування;
- забезпечення продовольством і предметами першої необхідності;
- знезараження харчів, води, фуражу, техніки, майна, території;
- соціально-психологічна реабілітація;
- відшкодування збитків;
- знезараження майна, території, техніки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено конструктивна схема пристрою для зміцнення різьбових поверхонь. Встановлено, що при взаємному обертанні вихрової головки та деталі із різьбовою поверхнею відбувається ударна взаємодія між роликами та поверхнею різьби, внаслідок чого відбувається зміцнення різьбової поверхні, що пов'язано із виникненням явища наклепу, крім того знижується шорсткість зміцненої поверхні. Проведено дослідження динаміки процесу зміцнення різьбових поверхонь запропонованим пристроєм. Виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи. Розв'язок системи диференціальних рівнянь виконано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта із нульовими початковими координатами. При цьому розв'язок представлено у вигляді числових даних та графіків. На основі побудованих графіків встановлено, що кути деформації валів між елементами системи, а також переміщення плунжера в напрямку осей z та y в часі мають змінний характер із різким зростанням в моменти удару ролика із різьбовою поверхнею. Після удару відбувається затухання коливань елементів системи.

Найбільший кут деформації вала між кільцем та привідним механізмом обертання кільця складає 0,016 град. Найбільший кут деформації вала між деталлю із різьбовою поверхнею та шпинделем складає 0,025 град. Така різниця зумовлена тим, що жорсткість кільця є вищою за жорсткість деталі із різьбовою поверхнею.

Представлено результати експериментальних досліджень твердості різьбової поверхні, зміцненої ударним способом роликами з використання спеціального пристрою. Зроблено висновки, що найбільший вплив на твердість зміцнених різьбових поверхонь ударним способом роликами має частота обертання кільця із роликами n_2 , а найменший вплив має радіус розташування роликів R_v . При збільшенні частоти обертання кільця із роликами n_2 , тривалості

процесу зміцнення t та радіуса розташування роликів R_v , твердість зміцнених різьбових поверхонь ударним способом роликами зростає.

Максимальне значення твердості зміцнених різьбових поверхонь на деталях із сталі 45 становить 47 HRC, а мінімальне 36 HRC. Збільшення частоти обертання кільця із роликами n_2 від 1200 об/хв до 2000 об/хв призводить до зростання твердості зміцнених різьбових поверхонь на 12%. Збільшення тривалості процесу зміцнення t від 20 с до 60 с призводить до зростання твердості зміцнених різьбових поверхонь на 10%., а збільшення радіуса розташування роликів R_v від 40 до 80 мм призводить до зростання твердості зміцнених різьбових поверхонь на 5,2%.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу ЖИЦД 732125.036. Проведено розрахунок заготовки, розроблено схеми базування, підібрано інструменти, обладнання, режими різання, спроектовано пристосування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.
13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.
14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.:

Машиностроение, 1966. 650 с.

15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

21. Зелінський А. Результати експериментальних досліджень товщини стружки, зрізаної в процесі вихрового різання / А. Зелінський, А. Курась // Матеріали IV Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання": 28-29 квітня 2021 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. С. 86.

22. Aftanaziv I.S., Shevchuk L.I., Strohan O.I., Kuk A.M., Samsin I.L. Improving reliability of drill pipe by strengthening of thread connections of its elements // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2019. № 4. P. 22 - 29.

23. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

24. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

25. Mironov, A.V., & Redreev, G.V. (2014). On issue of strengthening surfaces of parts by plastic deforming. *Bulletin of Omsk State Agricultural University*, 3(15), 35-38.

26. Kolomiets, L., Orobey, V., & Lymarenko, A. (2016). Method of boundary element in problems of stability of plane bending beams of rectangular cross section. *Structures. Metallurgical and Mining Industry*, 3, 59-65.

27. Пригоровська Т.О. Технологічне забезпечення якості виготовлення бурових доліт ріжуче-стираючої дії: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Пригоровська Тетяна Олексіївна ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. - Т., 2021. - 225 с.

28. Nevko Iv.B. Research the force parameters of forming the screw cleaning elements / Iv.B. Nevko, A.Y. Dyachun, O.L. Lyashuk, Martsenko, A.B. Gypka // *INMATEH – Agricultural Engineering. – Bucharest : INMA Bucharest / Romania*,2016. – Vol. 49, No. 2 – P. 77-82.

29. Nevko I., Diachun A., Lyashuk O., Vovk Y., Hupka A. (2021) Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning. In: *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_38.

30. Луців І.В. Розробка алгоритмів створення багатолезового оснащення адаптивного типу для обробки поверхонь обертання / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №26, 2009. С.164 - 171.*

31. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // *Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.*

32. Гевко І.Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.*