Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальностей G9 «Прикладна механіка», G11 «Машинобудування»
(спеціалізація G11.01 «Верстати та інструменти»)
денної та заочної форм здобуття вищої освіти

Затверджено
на засіданні
методичної ради
Протокол № 2 від 22.10. 2026 р.

Краматорськ
ДДМА
2026

УДК 621.9.02

Різальний інструмент: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей G9 «Прикладна механіка», G11 «Машинобудування» (спеціалізація G11.01 «Верстати та інструменти») денної та заочної форм здобуття вищої освіти / уклад.: Г. П. Клименко, В. В. Калініченко, М. В. Шаповалов, А. В. Коваленко. Краматорськ: ДДМА, 2026. 44 с.

Наведено методики виконання лабораторних робіт із вивчення та дослідження конструкцій розповсюджених типів різального інструменту сучасного автоматизованого виробництва, методів контролю їхніх конструктивних і геометричних параметрів.

Укладачі Г. П. Клименко, проф.,
В. В. Калініченко, доц.,
М. В. Шаповалов, доц.,
А. В. Коваленко, асп.

Відп. за випуск Я. В. Васильченко, проф.

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИВЧЕННЯ, ВИБІР
І ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ І МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ
РІЗЦІВ ІЗ МЕХАНІЧНИМ КРІПЛЕННЯМ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН.....5
2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОН-
СТРУКЦІЙ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І МЕТОДІВ
КОНТРОЛЮ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ 10
3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОН-
СТРУКЦІЙ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І МЕТОДІВ
КОНТРОЛЮ ФРЕЗ.....17
4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ
ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ НАРІЗАННЯ ТА НАКОЧУВАННЯ РІЗІ.....21
5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ
ТА МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ
ЧЕРВ’ЯЧНИХ ЗУБОРІЗНИХ ФРЕЗ 27
6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ
ТА МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ
ЗУБОРІЗНИХ ДОВБАЧІВ 35
ЛІТЕРАТУРА 43

ВСТУП

Метою лабораторних робіт з дисципліни «Різальний інструмент» є закріплення матеріалу лекційного курсу дисципліни та набуття практичних вмінь і навичок з вибору та аналізу конструкцій розповсюджених типів різального інструменту, контролю та розрахунку основних конструктивних та геометричних параметрів різальних інструментів.

Перед виконанням лабораторних робіт студент має засвоїти відповідні розділи лекційного курсу та ознайомитися з загальними вказівками до відповідної лабораторної роботи. Для кожної лабораторної роботи викладач видає студентам індивідуальні варіанти завдання та роз'яснює методику виконання роботи. У разі необхідності один варіант індивідуального завдання може видаватися групі з 2...3 студентів. У процесі виконання лабораторної роботи студенти можуть користуватися рекомендованою літературою.

Зміст звіту з кожної лабораторної роботи наводиться наприкінці методичних вказівок до виконання відповідної роботи. Ескізи, схеми та інші графічні побудови виконуються відповідно до правил технічного креслення, за допомогою креслярського приладдя. На ескізах обов'язково зазначаються конструктивні та геометричні параметри зображуваного різального інструменту.

Лабораторна робота вважається успішно виконаною, якщо відповідно до даних методичних вказівок вірно виконані усі необхідні вимірювання, розрахунки та графічні побудови, здійснено обґрунтований вибір різального інструменту для заданих умов механічної обробки, якісно оформлено звіт за результатами виконання роботи та наведено вірні відповіді не менш ніж на 2 контрольних питання за тематикою лабораторної роботи. Перелік контрольних питань до кожної лабораторної роботи наведено наприкінці тексту методичних вказівок до роботи.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИВЧЕННЯ, ВИБІР І ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ І МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ РІЗЦІВ ІЗ МЕХАНІЧНИМ КРІПЛЕННЯМ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН

1.1 Мета роботи

Вивчити конструктивні особливості збірних токарних різців з механічним кріпленням різальних пластин, методи контролю їхніх конструктивних та геометричних параметрів та дослідити вплив способу кріплення змінних різальних пластин на час їхньої заміни.

1.2 Обладнання, прилади, інструменти

1 Збірні токарні різці з механічним кріпленням різальних пластин.
2 Штангенциркуль.
3 Лінійка.
4 Настільний кутомір.
5 Універсальний кутомір.
6 Мікроскоп до пресу Брінеля.
7 Секундомір.
8 Калька.

1.3 Зміст роботи

1 Визначити тип та призначення виданого викладачем збірного токарного різця з механічним кріпленням змінної неперезагострюваної різальної пластини, виміряти конструктивні та геометричні параметри різця. Шаблон таблиці результатів вимірювань з інформацією про використовувані вимірювальні прилади наведений у таблиці 1.1.

2 Виконати ескіз виданого викладачем збірного токарного різця. На ескізі вказати виміряні конструктивні та геометричні параметри різця. Окремо зобразити перетин вузла кріплення змінної різальної пластини, вказати на ньому тримач різця, різальну та опорну пластини, деталі вузла кріплення. Визначити схему кріплення різальної пластини та описати спосіб кріплення. Проаналізувати переваги та недоліки конструкції вузла кріплення різальної пластини.

3 Для виданих викладачем трьох збірних токарних різців з різними конструкціями вузла кріплення визначити час заміни різальної пластини.

4 У відповідності з виданим викладачем індивідуальним варіантом завдання (варіанти завдань наведені у таблиці 1.2) для заданих умов обробки обрати конструкцію збірного токарного різця з механічним кріпленням змінної неперезагострюваної різальної пластини. Виконати ескіз обраної конструкції різця з позначеннями його геометричних та конструктивних параметрів; окремо зобразити перетин вузла кріплення змінної різальної пластини, вказавши на ньому тримач різця, різальну та опорну пластини, деталі вузла кріплення.

Таблиця 1.1 – Результати вимірювань конструктивних та геометричних параметрів токарного різця

Вимірюваний параметр токарного різця	Використовуваний вимірювальний прилад	Результати вимірювань
Перетин тримача різця $H \times B$, мм	Штангенциркуль	
Загальна довжина L різця, мм	Лінійка	
Довжина L_1 різальної частини, мм	Лінійка	
Задній кут α, °	Настільний кутомір	
Передній кут γ, °	Настільний кутомір	
Головний кут у плані φ, °	Універсальний кутомір	
Допоміжний кут у плані φ_1, °	Універсальний кутомір	
Кут нахилу головної різальної кромки λ, °	Настільний кутомір	
Ширина f фаски на передній поверхні різальної пластини, мм	Мікроскоп до пресу Брінеля	

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для вибору конструкцій збірних токарних різців для заданих умов обробки

Варіант	Оброблюваний матеріал	Характер припуску та поверхні заготовки	Діаметр оброблюваної деталі, мм	Відношення діаметра деталі до її довжини	Глибина різання, мм
1	2	3	4	5	6
1	Сталь конструкційна	Неперервний, без кірки	300	0,2	4
2			450	0,5	6
3			500	0,4	6
4		Неперервний, з кіркою	200	0,5	6
5			420	0,2	8
6			570	0,5	10
7		Переривчастий	250	0,1	4
8			480	0,2	6
9			550	0,5	5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
10	Сталь інструментальна	Неперервний, без кірки	600	0,4	5
11			800	0,5	6
12			1000	0,4	6
13		Неперервний, з кіркою	950	0,4	10
14	Чавун сірий	Неперервний, без кірки	250	0,2	5
15			480	0,4	10
16		Переривчастий	180	0,2	4
17			150	0,2	8
18	Алюмінієвий сплав	Неперервний, без кірки	350	0,2	5
19		Неперервний, з кіркою	500	0,4	8
20		Переривчастий	250	0,2	8
21	Мідний сплав	Неперервний, без кірки	400	0,4	8
22		Неперервний, з кіркою	220	0,2	4
23		Переривчастий	450	0,4	6
24	Сталь загартована HRC_e 35…50	Неперервний	350	0,5	1,5
25			600	0,5	3

1.4 Загальні вказівки

Вимірювання висоти H та ширини B перетину тримача токарного різця виконується за допомогою штангенциркуля, загальної довжини L різця та довжини L_1 його різальної частини – за допомогою лінійки.

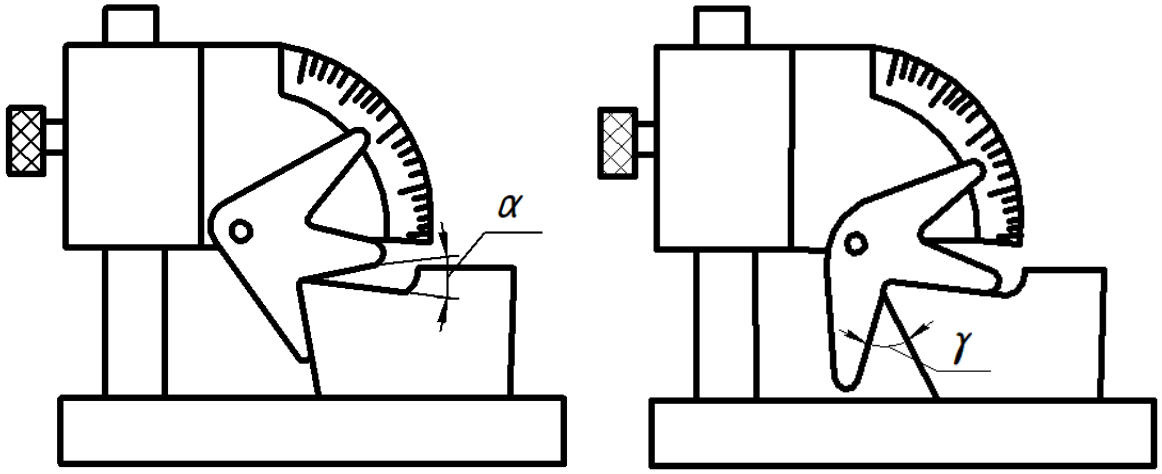
Вимірювання головного заднього α та переднього γ кутів різця здійснюється у головній січній площині, головного φ та допоміжного φ_1 кутів у плані – у основній площині, кута λ нахилу головної різальної кромки – у площині різання.

Для вимірювання головного заднього α, переднього γ кутів різця та кута λ нахилу головної різальної кромки використовують настільний кутомір, для вимірювання головного φ та допоміжного φ_1 кутів різця у плані – універсальний кутомір. Схема вимірювання кутів токарного різця у головній січній площині та площині різання показана на рисунку 1.1, кутів токарного різця у плані – на рисунку 1.2.

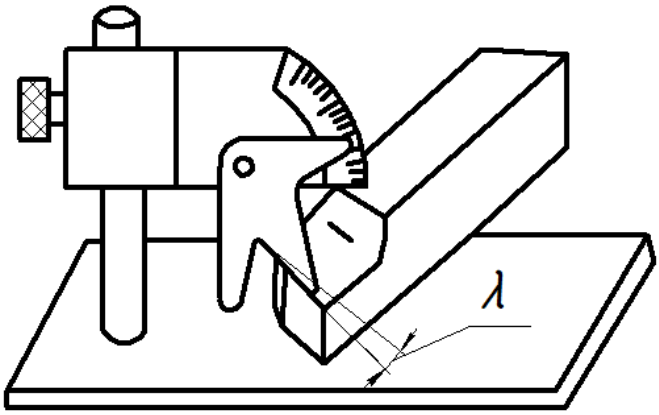
Ширину фаски на передній поверхні різальної пластини вимірюють за допомогою мікроскопу до пресу Брінеля.

Вибір конструкції збірного різця, форми та матеріалу різальної пластини здійснюють за допомогою довідкової літератури та інформаційних ресурсів фірм-виробників різального інструменту з урахуванням відомостей та

рекомендацій, наведених у навчальних посібниках [1, с. 18...24; 2, с. 107...127; 3, с. 114...127] та у монографії [4].



а) *б)*



в)

а – вимірювання головного заднього кута α;
б – вимірювання переднього кута γ;
в – вимірювання кута λ нахилу головної різальної кромки
Рисунок 1.1 – Вимірювання кутів токарного різця у головній січній площині та площині різання настільним кутоміром

1.5 Зміст звіту

1 Тема роботи.
2 Мета роботи.
3 Обладнання, прилади та інструменти.
4 Ескіз виданого викладачем збірного токарного різця.

5 Таблиця з результатами вимірювання конструктивних та геометричних параметрів виданого збірного токарного різця.

6 Ескіз обраної конструкції збірного токарного різця для заданих умов обробки згідно з індивідуальним варіантом завдання.

7 Висновки за результатами роботи.

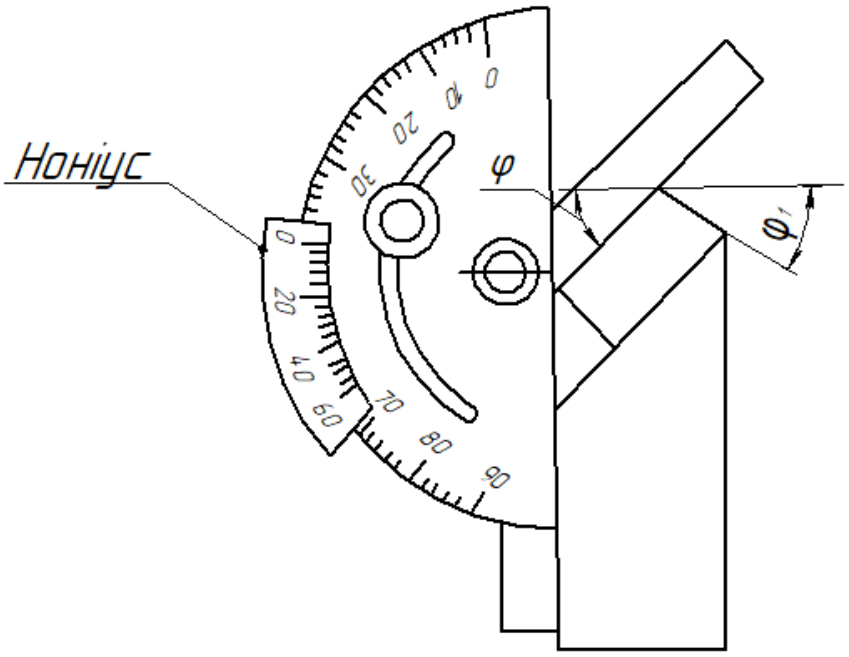


Рисунок 1.2 – Вимірювання кутів токарного різця у плані універсальним кутоміром

1.6 Контрольні питання

1 За якими ознаками класифікуються токарні різці? Назвіть найбільш розповсюджені типи токарних різців за призначенням.

2 З яких елементів складається збірний токарний різець?

3 Який вимірювальний прилад використовують для контролю кутів токарного різця у головній січній площині?

4 Який вимірювальний прилад використовують для контролю кутів токарного різця у плані.

5 Який вимірювальний прилад використовують для контролю кута нахилу головної різальної кромки токарного різця?

6 Які фактори впливають на вибір конструкції збірного токарного різця з механічним кріпленням змінних неперезагострюваних різальних пластин?

7 Назвіть розповсюджені схеми механічного кріплення різальних пластин у конструкціях збірних токарних різців.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ

2.1 Мета роботи

Вивчити особливості конструкцій свердел, зенкерів, розгорток та комбінованих інструментів для обробки отворів, методи контролю їхніх конструктивних та геометричних параметрів.

2.2 Обладнання, прилади, інструменти

1 Різні типи свердел, зенкерів, розгорток та комбінованих інструментів для обробки отворів.
2 Штангенциркуль.
3 Мікрометр.
4 Лінійка.
5 Універсальний кутомір.
6. Прилад Бабчиніцера.
7 Мікроскоп до пресу Брінеля.
8 Індикатор годинникового типу.
9 Індикаторна стійка.
10 Ділильна голівка.
11 Аркуш паперу.

2.3 Зміст роботи

1 Визначити тип, призначення, матеріал різальної частини виданого викладачем інструменту для обробки отвору (спірального свердла, циліндричного зенкера або розгортки), виміряти його конструктивні та геометричні параметри.

2 Виконати ескіз виданого викладачем інструменту з наведенням його конструктивних та геометричних параметрів. Приклад ескізу для спірального свердла наведений на рисунку 2.1.

3 У відповідності з виданим викладачем варіантом завдання (варіанти завдань наведені у таблиці 2.1) обрати конструкцію комбінованого інструменту для обробки отвору заданої форми.

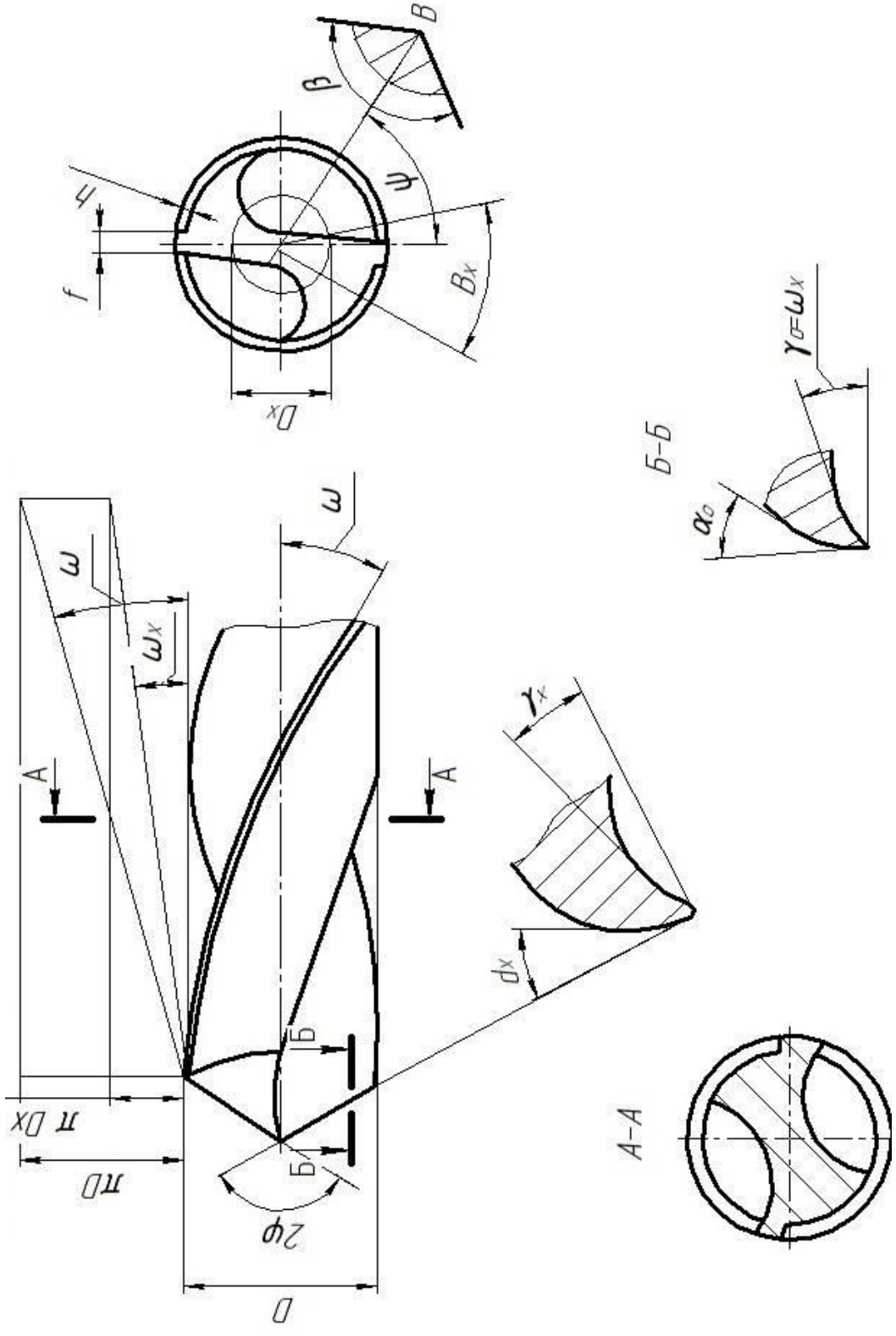
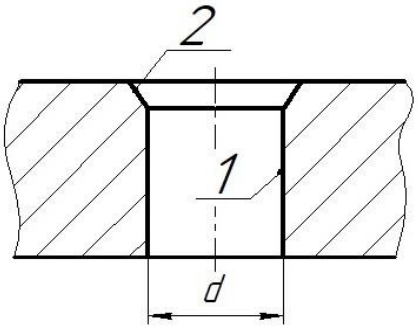
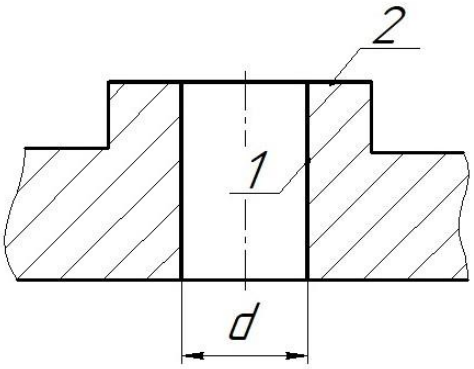
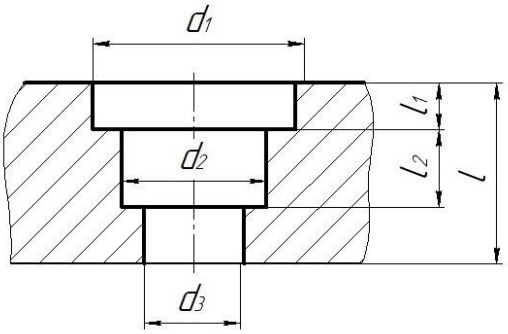
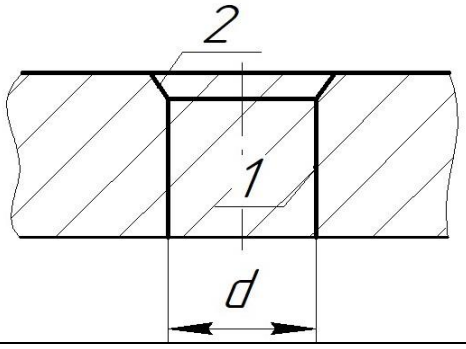
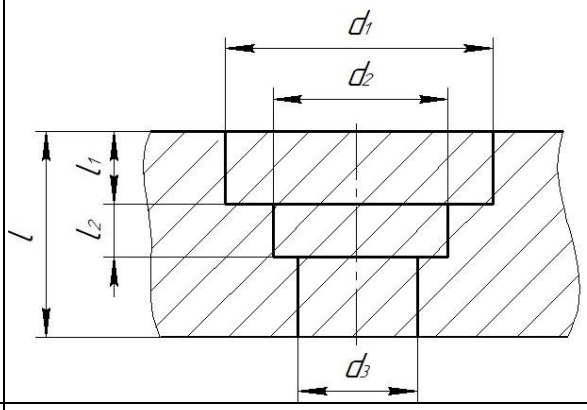
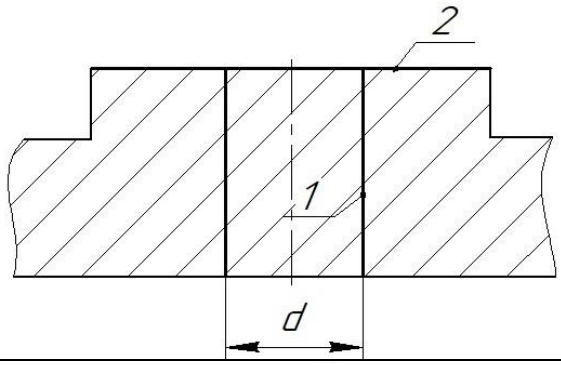
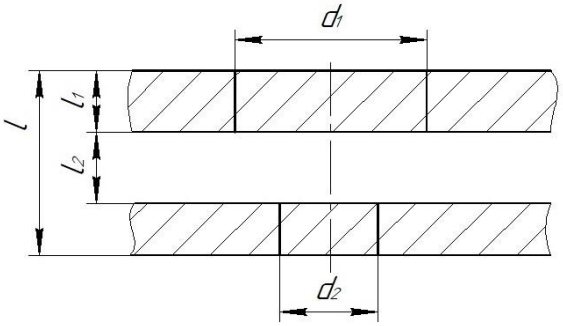
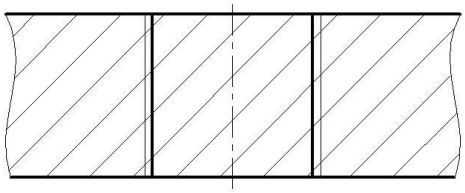


Рисунок 2.1 – Конструктивні та геометричні параметри спірального свердла

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для вибору комбінованих інструментів для обробки отворів заданої форми

Варі-ант	Різновид оброблюваного отвору	Оброблюваний матеріал	Оброблювані поверхні
1	2	3	4
1		Сталь 45	Обробка отвору з цилін-дричною ділянкою 1 та конічною фаскою 2
2		Сірий чавун	Обробка ци-ліндричного отвору 1 та торцевої площини 2
3		Сталь 45	Обробка ступінчастого отвору з діаметрами ступенів d_1, d_2, d_3
4		Сірий чавун	Обробка отвору з ци-ліндричною ді-лянкою 1 та конічною фаскою 2 у суцільному матеріалі

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5		Алюмінієвий сплав	Обробка ступінчастого отвору з діаметрами ступенів d_1, d_2, d_3 у суцільному матеріалі
6		Сталь 45	Обробка циліндричного отвору 1 у суцільному матеріалі та торцевої площини 2
7		Сталь 3	Обробка отворів діаметрів d_1 та d_2 у суцільному матеріалі
8		Сталь 45	Свердління отвору у суцільному матеріалі та нарізання різі у отворі за один прохід

2.4 Загальні вказівки

При виконанні лабораторної роботи для спіральних свердел визначаються наступні конструктивні та геометричні параметри:

– діаметр D_1 свердла, що вимірюється між стрічками у заборного конуса свердла за допомогою штангенциркулю або мікрометра;

– діаметр D_2 свердла, що вимірюється наприкінці калібрувальної частини свердла за допомогою штангенциркулю або мікрометра;

– кут φ_1 зворотної конусності свердла, що розраховується за формулою:

$$\varphi_1 = \text{arctg}\frac{D_1 - D_2}{2l},$$

де $\frac{D_1 - D_2}{2l}$ – половина різниці діаметрів свердла, виміряних на відстані l;

– загальна довжина L свердла, що складається з довжин різальної частини l_1, калібрувальної частини l_2, шийки l_3, хвостовика l_4, лапки l_5; вимірюється лінійкою;

– номер конуса Морзе (для конічних хвостовиків свердел), що визначається за величиною найбільшого діаметра хвостовика;

– кут 2φ при вершині свердла, що вимірюється універсальним кутоміром;

– кут Ψ нахилу поперечної різальної кромки, що вимірюється універсальним кутоміром;

– товщина b_1 серцевини свердла, що вимірюється штангенциркулем біля вершини свердла;

– товщина b поперечної різальної кромки, що визначається за формулою:

$$b = \frac{b_1}{\sin\Psi};$$

– кут ω нахилу гвинтової стружкової канавки, що визначається за допомогою універсального кутоміру по сліду, отриманому прокочуванням свердла на папері;

– крок T гвинтової стружкової канавки, що визначається за формулою:

$$T = \pi D\text{ctg}\omega;$$

– ширина f стрічки на калібрувальній частині, що вимірюється мікроскопом до пресу Брінеля;

– передній кут γ_x на діаметрі D_x, що визначається за наближеною формулою:

$$tg\gamma_x = \frac{D_x}{D_1} \cdot \frac{\text{tg}\omega}{\sin\varphi};$$

– задній кут α_x на діаметрі D_x, що визначається за методикою, наведеною нижче у тексті.

Задній кут свердла розраховують за величиною падіння затилку, що визначається за схемою, наведеною на рисунку 2.2. Для цього свердло закріплюють у патроні ділильної голівки, по нормалі до задньої поверхні зуба свердла біля різальної кромки на діаметрі D_x встановлюють ніжку індикатора годинникового типу. Свердло повертають на певний кут Θ, вимірюючи індикатором падіння затилку K. Формула для розрахунку заднього кута має вигляд:

$$\mathrm{tg}\alpha_x = \frac{K \cdot 360}{\pi D_x \Theta}.$$

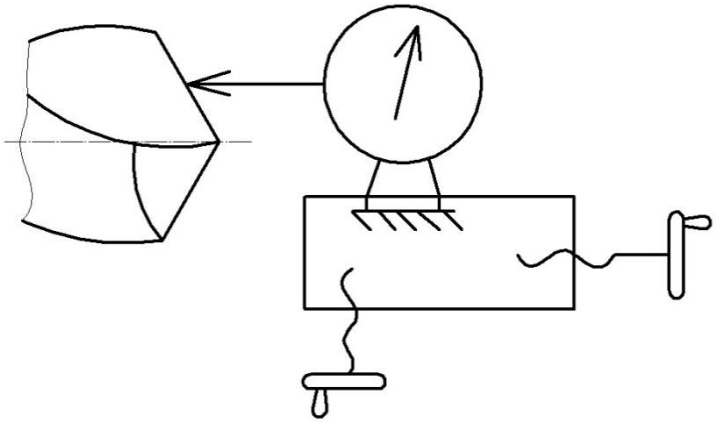


Рисунок 2.2 – Схема вимірювання падіння затилку на задній поверхні зуба спірального свердла

Для зенкерів та розгорток визначаються наступні конструктивні та геометричні параметри:

– максимальний діаметр D різальної частини зенкеру (розгортки), що вимірюється мікрометром;

– кут φ_1 зворотної конусності, що визначається як для спіральних свердел;

– загальна довжина L зенкеру (розгортки), що вимірюється лінійкою;

– довжина l робочої частини зенкеру (розгортки), що вимірюється лінійкою;

– довжина l_1 різальної (заборної) частини зенкеру (розгортки), що вимірюється лінійкою;

– довжина l_2 циліндричної частини розгортки, що вимірюється лінійкою;

– максимальний діаметр d отвору в насадному інструменті, що вимірюється штангенциркулем;

– номер конуса Морзе для хвостових інструментів з конічним хвостовиком, що визначається за величиною найбільшого діаметра хвостовика;

– головний кут φ у плані, що вимірюється універсальним кутоміром;

– передній γ та задній α кути у площині, нормальній до осі інструменту, що вимірюються приладом Бабчиніцера;

– кут ω нахилу гвинтової стружкової канавки, що визначається як для спіральних свердел.

Вибір конструкції комбінованого інструменту для обробки отвору заданої форми, матеріалу його різальної частини здійснюють за допомогою довідкової літератури та інформаційних ресурсів виробників різального інструменту.

2.5 Зміст звіту

1 Тема роботи.

2 Мета роботи.

3 Обладнання, прилади та інструменти.

4 Ескіз виданого викладачем інструменту для обробки отвору (спірального свердла, зенкера чи розгортки).

5 Таблиця з результатами вимірювання конструктивних та геометричних параметрів виданого викладачем інструменту для обробки отвору (спірального свердла, зенкера чи розгортки).

6 Ескіз конструкції комбінованого інструменту для обробки отвору для заданих умов обробки.

7 Висновки за результатами роботи.

2.6 Контрольні питання

1 Яким є призначення свердел, зенкерів, розгорток?

2 Які інструментальні матеріали використовують для виготовлення робочої частини свердел, зенкерів, розгорток?

3 Назвіть основні конструктивні та геометричні параметри спірального свердла (зенкера, розгортки).

4 Як визначається величина заднього кута зуба спірального свердла (зенкера, розгортки)?

5 Яким є призначення зворотної конусності на калібрувальній частині інструментів для обробки отворів?

6 Назвіть переваги обробки отворів складної форми комбінованими різальними інструментами.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ФРЕЗ

3.1 Мета роботи

Вивчити особливості конструкцій фрез, методи контролю їхніх конструктивних та геометричних параметрів.

3.2 Обладнання, прилади, інструменти

1 Фрези різних типів (циліндричні, торцеві, дискові, кінцеві).
2 Штангенциркуль.
3 Лінійка.
4 Універсальний кутомір.
5 Прилад Бабчиніцера.
6 Мікроскоп до пресу Брінеля.
7 Аркуш паперу.

3.3 Зміст роботи

1 Визначити тип, призначення, матеріал різальної частини виданої викладачем фрези, виміряти її конструктивні та геометричні параметри.

2 Виконати ескіз виданої викладачем фрези з наведенням її конструктивних та геометричних параметрів. Для збірних фрез окремо зобразити перетин вузла кріплення змінної різальної пластини, вказати на ньому різальну пластину та деталі вузла кріплення, описати спосіб кріплення пластини. Проаналізувати особливості конструкції вузла кріплення різальної пластини.

3 У відповідності до виданого викладачем варіанта завдання (варіанти завдань наведені у таблиці 3.1) обрати для заданих умов оброблення тип і конструкцію фрези, матеріал і геометричні параметри її різальної частини.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для вибору конструкцій фрез для заданих умов оброблення

Варі-ант	Верстат	Різновид обробки	Ширина фрезерованої поверхні, мм	Оброблюваний матеріал	Механічні властивості оброблюваного матеріалу
1	Горизонтально-фрезерний	Фрезерування площини	65	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
2			40	Сірий чавун	НВ 190
3			80	Сталь 35	$\sigma_в$ = 520 МПа
4			50	Дюралюміній	$\sigma_в$ = 300 МПа
5			75	Бронза	НВ 120
6	Вертикально-фрезерний		60	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
7			110	Сталь 40	$\sigma_в$ = 530 МПа
8			150	Сталь 40Х	$\sigma_в$ = 1000 МПа
9			220	Сірий чавун	НВ 190
10			170	Сірий чавун	НВ 190
11	Горизонтально-фрезерний	Фрезерування пазу	10	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
12			18	Сірий чавун	НВ 190
13			5	Сталь 40	$\sigma_в$ = 530 МПа
14	Вертикально-фрезерний		4	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
15			6	Дюралюміній	$\sigma_в$ = 300 МПа
16			8	Сірий чавун	НВ 190
17			25	Бронза	НВ 120
18			32	Сталь 20	$\sigma_в$ = 500 МПа
19			40	Сірий чавун	НВ 190
20			5	Дюралюміній	$\sigma_в$ = 300 МПа
21	Горизонтально-фрезерний	Фрезерування площини	40	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
22			90	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
23			130	Сталь 40Х	$\sigma_в$ = 1000 МПа
24	Вертикально-фрезерний		120	Дюралюміній	$\sigma_в$ = 300 МПа
25			280	Сталь 3	$\sigma_в$ = 450 МПа
26			240	Сталь 20	$\sigma_в$ = 500 МПа
27	Горизонтально-фрезерний	Фрезерування пазу	18	Сірий чавун	НВ 190
28			25	Сталь 40Х	$\sigma_в$ = 1000 МПа
29			32	Ковкий чавун	НВ 163
30			12	Дюралюміній	$\sigma_в$ = 300 МПа

3.4 Загальні вказівки

При виконанні лабораторної роботи визначають такі конструктивні розміри фрез:

- зовнішній діаметр D фрези, що вимірюється штангенциркулем;
- загальну довжину L фрези, що вимірюється лінійкою;
- довжину l робочої частини фрези, що вимірюється лінійкою;

– діаметр d посадкового отвору (для насадних фрез), що вимірюється лінійкою;

– ширину B фрези, що вимірюється лінійкою.

На циліндричній частині фрез визначають наступні параметри:

– ширину f стрічки, що вимірюється мікроскопом до пресу Брінеля;

– кут ω нахилу зубів, що визначають методом накочування на аркуші паперу;

– передній γ та задній α_n кути, що визначаються у площині, перпендикулярній до головної різальної кромки зуба фрези;

– передній γ_1 та задній α кути зуба фрези у площині, перпендикулярній до осі фрези, що визначаються за формулами:

$$\operatorname{tg}\gamma_1 = \frac{\operatorname{tg}\gamma}{\cos\omega};$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\alpha_n \cdot \cos\omega.$$

На торцевій частині фрез визначають наступні параметри:

– головний кут φ у плані;

– кут φ_0 у плані перехідної кромки;

– допоміжний кут φ_1 у плані (вимірювання кутів у плані здійснюється за допомогою універсального кутоміра);

– довжину f перехідної кромки, вимірюють штангенциркулем або мікроскопом до пресу Брінеля;

– кут β загострення, вимірюють у головній січній площині універсальним кутоміром;

– передній γ_1 та задній α кути, розраховують за формулами:

$$\operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}\gamma_2 \cdot \cos\varphi - \operatorname{tg}\gamma_1 \cdot \sin\varphi;$$

$$\alpha = 90^\circ - \gamma - \beta,$$

де γ_1 – кут у перетині, перпендикулярному до осі фрези;

γ_2 – кут у перетині, паралельному до осі фрези.

Величину заднього кута зуба для затилованих фрез визначають за величиною падіння затилку на задній поверхні зуба відповідно до рекомендацій, наведених у лабораторній роботі № 2.

Вибір типу та конструкції фрези, матеріалу та геометричних параметрів різальної частини для заданих умов обробки здійснюють за допомогою довідкової літератури та інформаційних ресурсів виробників різального інструменту, з урахуванням відомостей та рекомендацій, наведених у [1, с. 102...110; 2, с. 142...162, с. 169...180; 3, с. 203...211, с. 215...217].

3.5 Зміст звіту

1 Тема роботи.
2 Мета роботи.
3 Обладнання, прилади та інструменти.
4 Ескіз виданої викладачем фрези.
5 Відомості про тип, призначення, опис конструкції фрези (для збірних фрез також – конструкції вузла кріплення змінної різальної пластини), аналіз переваг та недоліків конструкції фрези.
6 Таблиця з результатами вимірювання конструктивних та геометричних параметрів виданої викладачем фрези.
7 Ескіз обраної конструкції фрези для заданих умов обробки.
8 Опис обраної конструкції фрези (для збірних фрез також – зображення та опис конструкції перетину вузла кріплення різальної пластини), аналіз переваг та недоліків конструкції.
9 Висновки за результатами роботи.

3.6 Контрольні питання

1 Назвіть основні типи фрез за їхнім функціональним призначенням.
2 Назвіть конструктивні особливості циліндричних фрез.
3 Назвіть конструктивні особливості торцевих фрез.
4 Назвіть конструктивні особливості дискових фрез.
5 Назвіть конструктивні особливості кінцевих фрез.
6 На яких верстатах здійснюють фрезерування циліндричними, торцевими, дисковими, кінцевими фрезами?
7 Назвіть особливості геометрії незатилованих та затилованих зубів фрез.
8 За якою лінією виконують затилування зубів фрез?
9 За якими поверхнями виконують загострення фрез з незатилованими та затилованими зубами?
10 Назвіть конструктивні особливості збірних фрез з механічним кріпленням змінних неперезагострюваних різальних пластин.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ НАРІЗАННЯ ТА НАКОЧУВАННЯ РІЗІ

4.1 Мета роботи

Вивчити конструкції інструментів для нарізання та накочування різі, методи контролю різьонарізного інструменту, розрахунку діаметра заготовки під накочування різі та контролю профілю накоченої різі.

4.2 Обладнання, прилади, інструменти

1 Різьонарізні інструменти різних типів (мітчики, круглі різьонарізні плашки).
2 Різьонакочувальні голівки різних параметрів.
3 Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62.
4 Штангенциркуль.
5 Різьомір для метричної різі.
6 Інструментальний мікроскоп.
7 Прилад типу РМ для контролю середнього діаметра різі.

4.3 Зміст роботи

1 Визначити тип, призначення, матеріал різальної частини виданого викладачем різьонарізного інструменту (мітчика або круглої різьонарізної плашки), виміряти його конструктивні та геометричні параметри.
2 Виконати ескіз виданого викладачем різьонарізного інструменту з наведенням його конструктивних та геометричних параметрів.
3 Вивчити конструкцію та принцип роботи різьонакочувальної голівки. Виконати ескіз конструкції однієї з виданих викладачем різьонакочувальних голівок.
4 Розрахувати діаметр заготовки під накочування різі та виконати накочування різі на обраній заготовці за допомогою різьонакочувальної голівки на токарно-гвинторізному верстаті мод. 1К62.
5 Дослідити вплив діаметра заготовки на розміри профілю накоченої різі.

4.4 Загальні вказівки

Основні особливості конструкцій мітчиків та круглих різьонарізних плашок представлені у [1, с. 154...183; 2, с. 254...280; 3, с. 185...198].

При виконанні лабораторної роботи для мітчиків визначають наступні конструктивні та геометричні параметри:

– довжину l робочої частини, що складається з довжини різальної $l_р$ та калібрувальної $l_к$ частин, які вимірюються за допомогою лінійки;

– число z пер мітчика;

– ширину B пера, що вимірюється штангенциркулем;

– діаметр $d_с$ серцевини, що вимірюється штангенциркулем;

– діаметр d хвостовика, що вимірюється штангенциркулем;

– головний кут φ у плані, що вимірюється універсальним кутоміром;

– передній кут γ, що вимірюється приладом Бабчиніцера;

– кут λ нахилу головної різальної кромки, що вимірюється універсальним кутоміром;

– задній кут α на різальній (заборній) частині мітчика, що визначається за величиною падіння затилку K відповідно до формули:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Kz}{\pi D},$$

де D – діаметр, на якому здійснюється вимірювання величини падіння затилку K.

Для круглих різьонарізних плашок визначають наступні конструктивні та геометричні параметри:

– зовнішній діаметр D плашки, що вимірюється штангенциркулем;

– товщину l плашки, що вимірюється штангенциркулем;

– довжину $l_р$ різальної частини плашки, що вимірюється штангенциркулем;

– довжину $l_к$ калібрувальної частини, що вимірюється штангенциркулем;

– число z пер плашки;

– ширину B пера плашки, що вимірюється штангенциркулем;

– ширину C просвіту між перами плашки, що вимірюється штангенциркулем;

– діаметр 2ρ стружкового отвору плашки, що вимірюється штангенциркулем;

– діаметр d окружності, на якій розташовані центри стружкових отворів плашки;

– головний кут φ у плані (половина кута заборного конуса плашки), що вимірюється універсальним кутоміром;

– передній кут γ пера плашки;

– задній кут α на різальній частині (заборному конусі) плашки.

Діаметр d окружності, на якій розташовані центри стружкових отворів круглої різьонарізної плашки, може бути визначений за рекомендаціями, наведеними у [3]. Значення переднього γ та заднього α кутів пера плашки приймають за рекомендаціями [2].

Основні характеристики деяких розповсюджених типів різьонакочувальних голівок наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики деяких розповсюджених різьонакочувальних голівок

Тип голівки	Діапазон розмірів накочуваних різей, мм		Верстатне обладнання
	Діаметр	Крок	
Нерозкривні різьонакочувальні голівки (плашки)			
НП1	4…7	0,7…1	Токарні, револьверні, болторізні, свердлильні верстати та токарні автомати
НП2	8…16	0,75…2	
НП3	18…24	1…2	
НП4	27…33	1…2	
Необертальні розкривні різьонакочувальні голівки			
НГН-2	4…6	Найбільший – 1	Токарні, револьверні верстати та одношпиндельні автомати
НГН-3	8…16	Найбільший – 2	
НГН-4	16…27	Найбільший – 3	
Універсальні розкривні різьонакочувальні голівки			
ВНГН-1	2…4	0,4…0,7	Болторізні, свердлильні верстати та багатошпиндельні автомати
ВНГН-2	4…6	0,7…1	
ВНГН-3	8…16	0,75…2	
ВНГН-4	16…27	1,5…3	
ВНГН-5	30…62	Найбільший – 5	

Робочу частину різьонакочувальних голівок становить комплект накочувальних роликів, конструкція яких багато в чому визначає якість роботи, величину сили накочування, точність різі. У якості матеріалу роликів використовують сталі Х12М, Х6ВФ та ін. Твердість матеріалу роликів після термічної обробки становить $HRC_э$ 57...60.

Для розрахунку діаметра заготовки при накочуванні різей гострокутних профілів використовують формулу:

$$d_з = 0{,}5(d + d_1),$$

де d – зовнішній діаметр різі, мм;

d_1 – внутрішній діаметр різі, мм;

Вихідні дані для розрахунку діаметра заготовки під накочування основних кріпильних метричних різей наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку діаметрів заготовок під накочування різі

Зовнішній діаметр різі, мм	Середній діаметр різі, мм	Внутрішній діаметр різі, мм	Крок різі, мм	Зовнішній діаметр різі, мм	Середній діаметр різі, мм	Внутрішній діаметр різі, мм	Крок різі, мм
1	0,838	0,675	0,25	16	14,701	13,402	2
1,2	1,038	0,876	0,25	18	16,376	14,753	2,5
1,4	1,205	1,010	0,3	20	18,376	16,753	2,5
1,7	1,473	1,246	0,35	22	20,376	18,753	2,5
2	1,740	1,480	0,4	24	22,051	20,103	3
2,3	2,040	1,780	0,4	27	25,051	23,103	3
2,6	2,308	2,016	0,45	30	27,727	25,454	3,5
3	2,675	2,350	0,5	(33)	30,727	28,454	3,5
(3,5)	3,110	2,720	0,6	36	33,402	30,804	4
4	3,546	3,091	0,7	(39)	36,402	33,804	4
5	4,480	3,961	0,8	42	39,077	36,155	4,5
6	5,350	4,701	1	(45)	42,077	39,155	4,5
(7)	6,350	5,701	1	48	44,752	41,505	5
8	7,188	6,377	1,25	(52)	48,752	45,505	5
9	8,188	7,377	1,25	56	52,428	48,855	5,5
10	9,026	8,051	1,5	(60)	56,428	52,805	5,5
(11)	10,026	9,051	1,5	64	60,103	56,206	6
12	10,863	9,727	1,75	68	64,103	60,206	6
14	12,701	11,402	2				

Разом із тим, досвід експлуатації різьонакочувальних голівок показує, що діаметр заготовки під накочування різі доцільно обирати за допомогою пробного накочування, виходячи з того, що цей діаметр заготовки має приблизно дорівнювати середньому діаметру різі. При цьому виготовляють ступінчасту заготовку (рисунок 4.1), діаметр ступенів якої відрізняється на 0,02...0,04 мм від середнього діаметра різі.

Поширеним дефектом якості накоченої різі є неповна висота її профілю, що може бути викликано недостатнім діаметром заготовки під накочування різі або невірним встановленням роликів. У роботі на 5 ступенях заготовки (див. рисунок 4.1) пропонується перевірити висоту профілю різі та її середній діаметр. За результатами вимірювань висоти профілю різі на різних ступенях заготовки визначають, діаметр якого зі ступенів заготовки слід обрати у якості діаметру заготовки під накочування різі. Контроль висоти профілю різі здійснюється на інструментальному мікроскопі, вимірювання середнього діаметра різі – на приладі типу РМ. Розміри та висоту профілю різі порівнюють з даними таблиць 4.2 та 4.3.

Результати розрахунку діаметра заготовки та вимірювань параметрів різі після накочування заносять до таблиці 4.4.

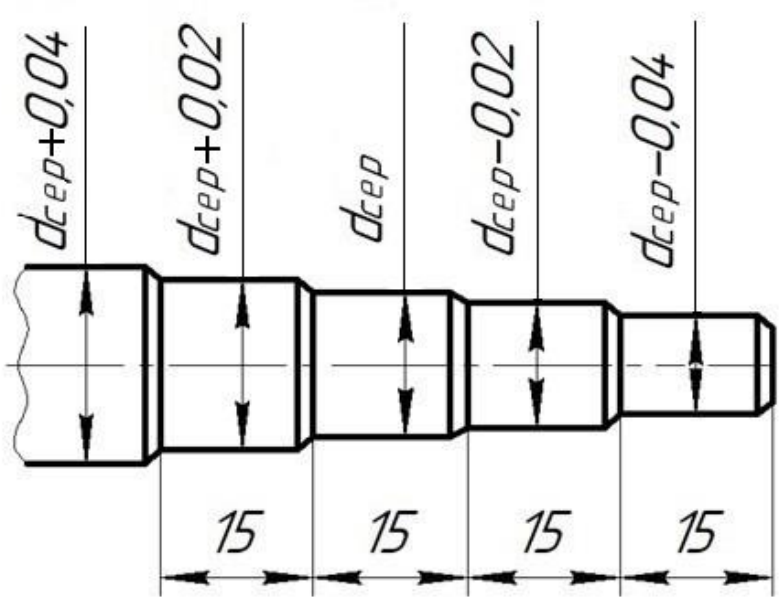


Рисунок 4.1 – Заготовка для накочування різі

Таблиця 4.3 – Розміри профілю різі

Крок, мм	Висота профілю, мм	Зазор, мм	Крок, мм	Висота профілю, мм	Зазор, мм
0,2	0,13	0,025	1,25	0,812	1,133
0,25	0,162	0,034	1,5	0,974	1,179
0,3	0,196	0,04	1,75	1,137	1,193
0,35	0,227	0,044	2	1,299	1,218
0,4	0,260	0,05	2,5	1,624	1,267
0,45	0,292	0,054	3	1,948	1,327
0,5	0,325	0,06	3,5	2,273	1,386
0,6	0,390	0,07	4	2,598	1,436
0,7	0,464	0,079	4,5	2,923	1,485
0,75	0,487	0,084	5	3,248	1,545
0,8	0,520	0,089	5,5	3,572	1,595
1	0,650	0,109	6	3,897	1,644

Таблиця 4.4 – Результати вимірювань параметрів накоченої різі

Задані розміри різі	Розрахунковий діаметр заготовки $d_з$, мм	Діаметри ступенів заготовки, мм				
		$d_{сер} - 0,04$	$d_{сер} - 0,02$	$d_{сер}$	$d_{сер} + 0,02$	$d_{сер} + 0,04$
Зовнішній діаметр різі, мм						
Внутрішній діаметр різі, мм						
Крок, мм						
Висота профілю, мм						
Середній діаметр різі, мм						

4.5 Зміст звіту

1 Тема роботи.
2 Мета роботи.
3 Обладнання, прилади та інструменти.
4 Ескіз виданого викладачем різьонарізного інструменту.
5 Результати вимірювання конструктивних та геометричних параметрів виданого викладачем різьонарізного інструменту.
6 Ескіз різьонакочувальної голівки.
7 Опис конструкції та принципу роботи різьонакочувальної голівки.
8 Результати розрахунку діаметра заготовки під накочування різі.
9 Відомості про умови накочування різі: матеріал заготовки, верстатне обладнання, тип різьонакочувальної голівки, режими та час накочування.
10 Результати вимірювання параметрів накоченої різі.
11 Висновки за результатами роботи.

4.6 Контрольні питання

1 Назвіть основні методи утворення різі.
2 Назвіть основні типи інструментів для утворення різі.
3 Назвіть особливості конструкції, основні конструктивні та геометричні параметри мітчиків?
4 Назвіть особливості конструкції, основні конструктивні та геометричні параметри круглих різьонарізних плашок?
5 Назвіть переваги накочування різі порівняно з її нарізанням.
6 Охарактеризуйте конструкцію та принцип роботи різьонакочувальних голівок.
7 Як визначається розрахунковий діаметр заготовки під накочування різі?
8. На якому обладнанні та на яких режимах працюють різьонакочувальні голівки?
9. З яких марок сталей виготовляються ролики різьонакочувальних голівок?

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ЗУБОРІЗНИХ ФРЕЗ

5.1 Мета роботи

Вивчити конструкції черв'ячних зуборізних фрез і методи контролю їхніх параметрів.

5.2 Обладнання, прилади, інструменти

1 Черв'ячні зуборізні фрези різних типів.
2 Штангенциркуль.
3 Зубомір.
4 Індикаторна стійка з індикатором.
5 Інструментальний мікроскоп.
6 Ділильна голівка.
7 Мікроскоп до пресу Брінеля.
8 Оправка для закріплення фрези при вимірюванні.

5.3 Зміст роботи

1 Визначити особливості конструкції та матеріал виданої викладачем черв'ячної зуборізної фрези, виміряти її конструктивні та геометричні параметри.

2 Виконати ескіз виданої викладачем черв'ячної зуборізної фрези із зазначенням її конструктивних та геометричних параметрів. Приклад ескізу черв'ячної зуборізної фрези наведений на рисунку 5.1.

3 Дослідити межу застосування черв'ячної зуборізної фрези за довжиною ділянки профілювання в залежності від числа зубів нарізуваного зубчастого колеса. Визначити складові частини загальної довжини фрези.

4 Виміряти похибку осьового кроку черв'ячної зуборізної фрези.

5 Виміряти радіальне биття зубів черв'ячної зуборізної фрези.

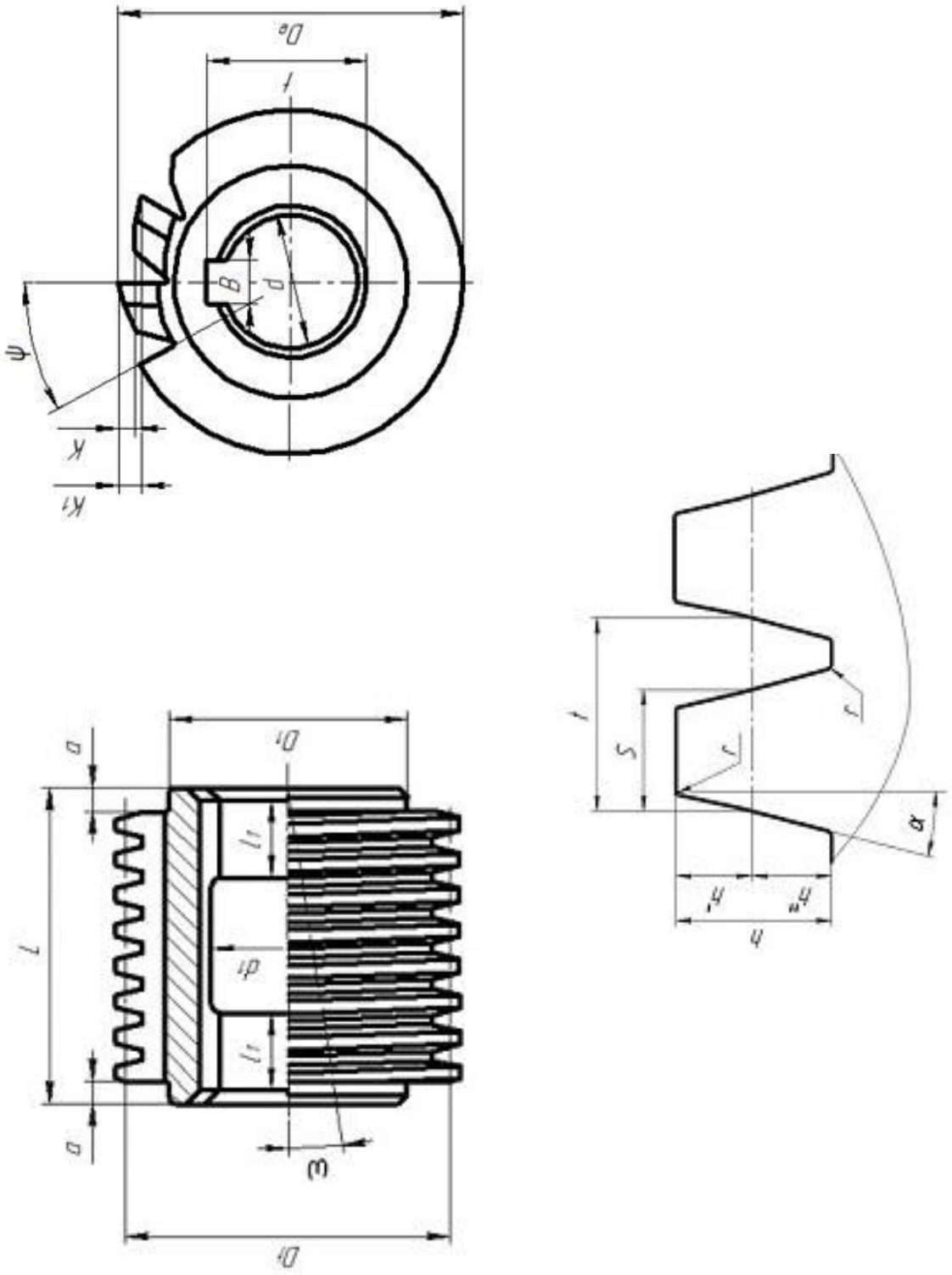


Рисунок 5.1 – Ескіз черв’ячної зуборізної фрези

5.4 Загальні вказівки

Вимірювання висоти зуба *h* черв'ячної зуборізної фрези здійснюється за допомогою зубоміра (схема вимірювання наведена на рисунку 5.2). Розмір на шкалі *A* повинен бути більшим за ширину основи зуба на 0,6...1 мм, щоб виключити вплив радіуса заокруглення біля основи зуба.

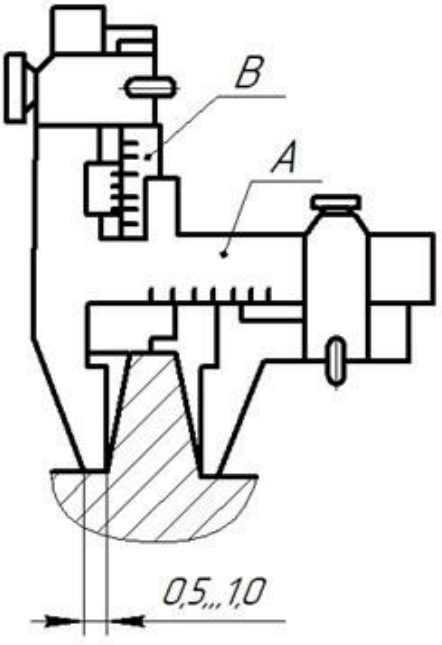


Рисунок 5.2 – Схема вимірювання висоти зуба черв'ячної зуборізної фрези за допомогою зубоміра

Величину заднього кута $\alpha_в$ зуба на вершині для затилованих зубів черв'ячних зуборізних фрез визначають за величиною падіння затилку на задній поверхні зуба згідно з формулою:

$$\operatorname{tg}\alpha_в = \frac{K \cdot 360^\circ}{\pi D \Theta},$$

де Θ – кутовий крок, на якому вимірюється падіння затилку *K*.

Вимірювання падіння затилку на задній поверхні зуба черв'ячної зуборізної фрези виконується за допомогою індикатора годинникового типу. Фреза встановлюється на оправці, що закріплюється у центрах та обертається за допомогою ділильної голівки на певний кут Θ. Співвідношення падіння затилку на задній поверхні зуба фрези та заднього кута зуба на вершині показане на рисунку 5.3.

Задній кут $\alpha_{б0}$ на бічній поверхні зуба черв'ячної зуборізної фрези у нормальному перетині визначається за формулою:

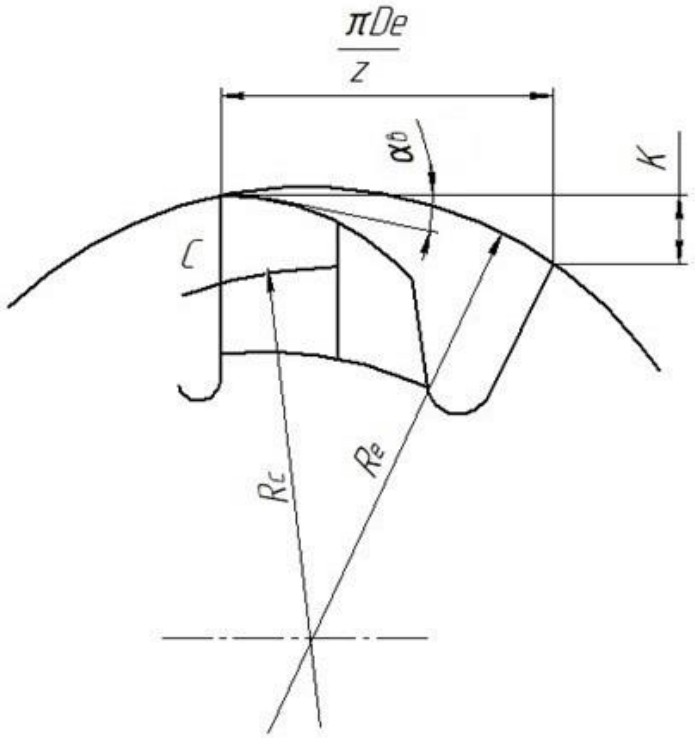


Рисунок 5.3 – Співвідношення падіння затилку на задній поверхні зуба черв'ячної зуборізної фрези та заднього кута зуба на вершині

$$\mathrm{tg}\alpha_{б0} = tg\alpha_{в} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{R_e}{R_x},$$

де $\alpha_в$ – задній кут на вершині зуба фрези;

α – кут профілю зуба фрези;

R_e – радіус окружності виступів фрези;

R_x – радіус точки, для якої здійснюється визначення заднього кута.

Перевірку довжини фрези здійснюють, задавши число зубів нарізуваного зубчастого колеса, з урахуванням модуля зуба наявної черв'ячної фрези.

Довжина фрези повинна забезпечити дотримання двох умов: вірне профілювання зубів нарізуваного зубчастого колеса та попереднє вирізання металу із западини між сусідніми зубами нарізуваного колеса без навантаження крайніх зубів фрези.

Перша умова визначається довжиною активної частини з урахуванням положення точки *K* (рисунок 5.4) або довжиною для граничних умов (число зубів зубчастого колеса $z = \infty$).

Необхідне значення довжини фрези за другою умовою визначається точкою *E* (рисунок 5.4). Ця довжина збільшується зі збільшенням діаметра заготовки нарізуваного зубчастого колеса:

$$l_{вр} = \sqrt{h(D_e - h)} + S_u$$

де h – висота профілю зуба фрези;

D_e – зовнішній діаметр нарізуваного зубчастого колеса;

S_u – товщина зуба фрези.

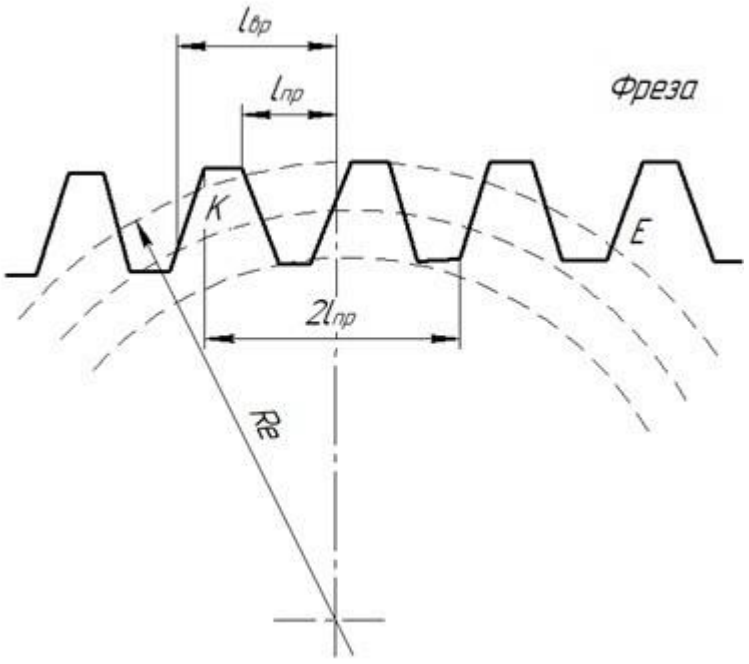


Рисунок 5.4 – Схема контролю довжини черв'ячної зуборізної фрези

При нарізанні зубів за декілька проходів у формулі слід враховувати не всю висоту зуба, а тільки висоту шару матеріалу заготовки, що зрізується за даний прохід; відповідно, слід уточнити діаметр заготовки.

Існує співвідношення:

$$l_{\text{вр}} \approx \frac{1}{2} L,$$

де L – довжина фрези.

Вимірюють такі параметри фрези.

Похибку осьового кроку (рисунок 5.5) оцінюють за величиною відхилення Δt осьового кроку, тобто за найбільшим значенням відхилення будь-якого з виміряних осьових кроків, при найбільшій накопиченій похибці Δt_Σ кроку на довжині трьох сусідніх кроків:

$$\Delta t_\Sigma = \Delta t' + \Delta t'' + \Delta t'''.$$

Перевірку здійснюють за допомогою інструментального мікроскопа.

Безпосереднє вимірювання осьового кроку можливе тільки у фрез з прямими канавками, у фрез з гвинтовими канавками здійснюють вимірювання так званого проєкційного кроку:

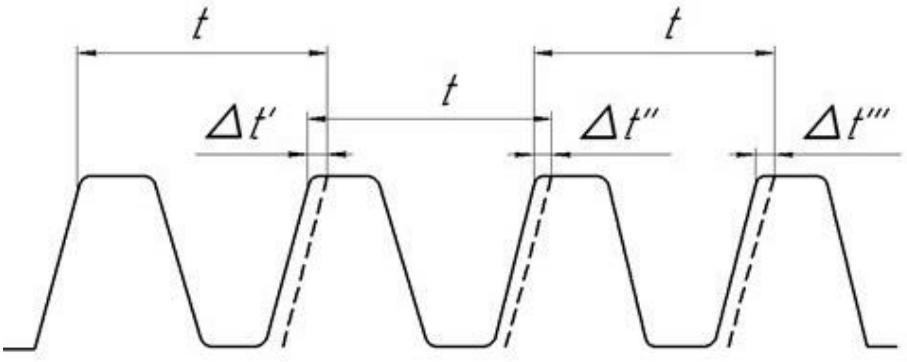


Рисунок 5.5 – Схема контролю похибки осьового кроку черв'ячної зуборізної фрези

$$t_{\text{пр}} = t_N \cdot \cos \omega_{\text{д}},$$

де t_N – нормальний крок фрези;

$\omega_{\text{д}}$ – кут підйому гвинтової лінії на ділильному діаметрі фрези.

Вимірювання осьового кроку на інструментальному мікроскопі здійснюють у наступній послідовності:

1) фрезу на оправці закріплюють у центрах;

2) поворотом фрези та рухом столу вводять у поле зору мікроскопа крайній повний зуб фрези, тубус мікроскопа повертають на кут $\omega_{\text{д}}$;

3) візирну лінію у окулярі мікроскопа встановлюють дотично до бічної сторони профілю зуба;

4) здійснюють відлік по лімбу поздовжнього ходу з точністю до 0,006 мм;

5) пересувають стіл до моменту, коли в окулярі з'явиться зображення однойменного профілю другого зуба;

6) невеликим поворотом фрези домагаються чіткого зображення;

7) візирну лінію поєднують з бічною стороною профілю другого зуба і здійснюють відлік по лімбу.

Повторюють пункти 5, 6, 7 для 4...5 зубів однієї рейки на лівих та правих бічних сторонах профілю. Це робиться для виключення систематичної похибки, що називається неточністю встановлення осі фрези по відношенню до лінії переміщення столика мікроскопа.

Вимірювання похибки Δf профілю здійснюють на інструментальному мікроскопі у наступній послідовності:

1) перевіряють за допомогою контрольної оправки паралельність осі мікроскопа при нульовому відліку на кутовій шкалі;

2) поворотом кутової шкали встановлюють візирну лінію під кутом $\alpha_{\text{пр}}$ (проєкційний кут), визначають положення лінії 1–2 (рисунок 5.6):

$$tg\alpha_{\text{пр}} = tg\alpha_N \cdot \frac{1}{1 + tg^2 \omega_{\partial}}.$$

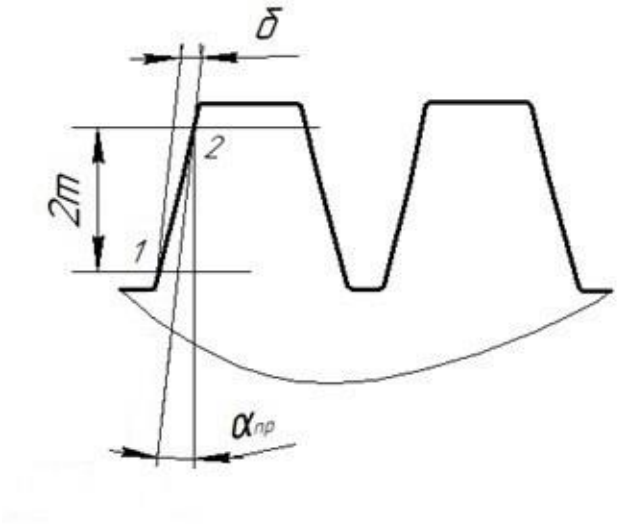


Рисунок 5.6 – Схема визначення похибки профілю черв'ячної зуборізної фрези

3) поєднуючи перехрестя окуляра з точками 1 та 2 на прямолінійній ділянці профілю (відстань 2*m* відраховують за допомогою поперечного лімбу), за лімбом поздовжнього переміщення знаходять δ;

4) розраховують похибку профілю:

$$\Delta f = \delta \cdot \cos \alpha_{пр}.$$

Пункти 2 та 4 повторюють для кожної бічної сторони профілю не менше ніж тричі.

Вимірювання відхилень Δ*S* товщини зуба на висоті, що дорівнює теоретичній висоті голівки зуба, здійснюють за допомогою зубоміру (рисунок 5.7).

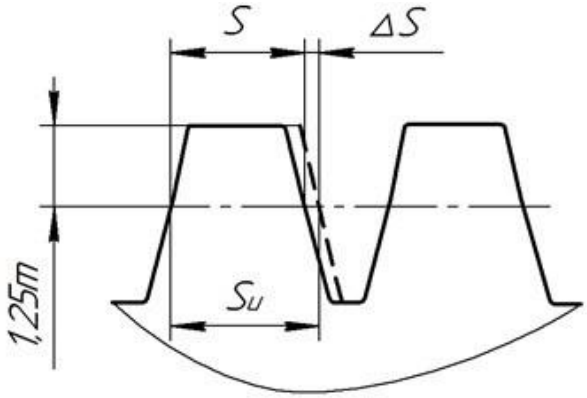


Рисунок 5.7 – Схема визначення відхилення товщини зуба черв'ячної зуборізної фрези

Вимірювання здійснюється за всіма зубами уздовж однієї з рейок. Перед вимірюванням слід звернути увагу на гостроту робочих кромок зуборіжу, оскільки їхнє притуплення призводить до систематичної похибки вимірювання.

Виміряні параметри черв'ячних фрез порівнюються з припустимими за нормами стандартів.

5.5 Зміст звіту

1 Тема роботи.
2 Мета роботи.
3 Обладнання, прилади та інструменти.
4 Ескіз виданої викладачем черв'ячної зуборізної фрези.
5 Результати вимірювання конструктивних та геометричних параметрів виданої викладачем черв'ячної зуборізної фрези.
6 Результати розрахунку межі використання черв'ячної зуборізної фрези за довжиною ділянки профілювання.
7 Результати вимірювань похибки осьового кроку черв'ячної зуборізної фрези.
8 Результати вимірювань відхилень товщини зуба черв'ячної зуборізної фрези.
9 Висновки за результатами роботи.

5.6 Контрольні питання

1. Поясніть принцип роботи черв'ячної зуборізної фрези.
2. Що таке основний черв'як?
3. Назвіть типи черв'ячних фрез в залежності від типу основного черв'яка. Охарактеризуйте область їхнього використання.
4. Як визначити профіль зубів черв'ячної фрези?
5. Назвіть основні конструктивні елементи та параметри черв'ячної зуборізної фрези.
6. Назвіть конструктивні особливості суцільних та збірних черв'ячних зуборізних фрез?
7. У яких випадках застосовують подвійне затилування зубів черв'ячних фрез?
8. Як здійснюють перевірку окремих видів похибок черв'ячних фрез?

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЗУБОРІЗНИХ ДОВБАЧІВ

6.1 Мета роботи

Вивчити конструкції зуборізних довбачів та методи контролю їхніх геометричних та конструктивних параметрів.

6.2 Обладнання, прилади, інструменти

1 Зуборізні довбачі діаметром 75 і 100 мм.
2 Мікрометр.
3 Штангенциркуль.
4 Універсальний кутомір.
5 Прилад для перевірки биття зуборізного довбача.
6 Прилад мод. 2010.
7 Зубомір.

6.3 Зміст роботи

1 Виконати ескіз виданого викладачем зуборізного довбача. Приклад ескізу зуборізного довбача наведений на рисунку 6.1.

2 Визначити тип зуборізного довбача, виміряти його конструктивні параметри та геометричні параметри зуба довбача. Шаблон таблиці результатів вимірювань з інформацією про використовувані вимірювальні прилади наведений у таблиці 6.1.

3 Виміряти геометричні параметри зуба довбача.

4 Виміряти товщину зуба довбача на ділильному діаметрі.

5 Визначити за допомогою розрахунку величину вихідної відстані довбача.

6 Визначити за допомогою розрахунку розміри довбача у вихідному перетині.

7 Визначити положення основного циліндра у тілі зуборізного довбача.

8 Визначити радіальне биття окружності виступів зубів довбача та торцеве биття передньої поверхні, порівняти результати вимірювань з припустимими значеннями биття.

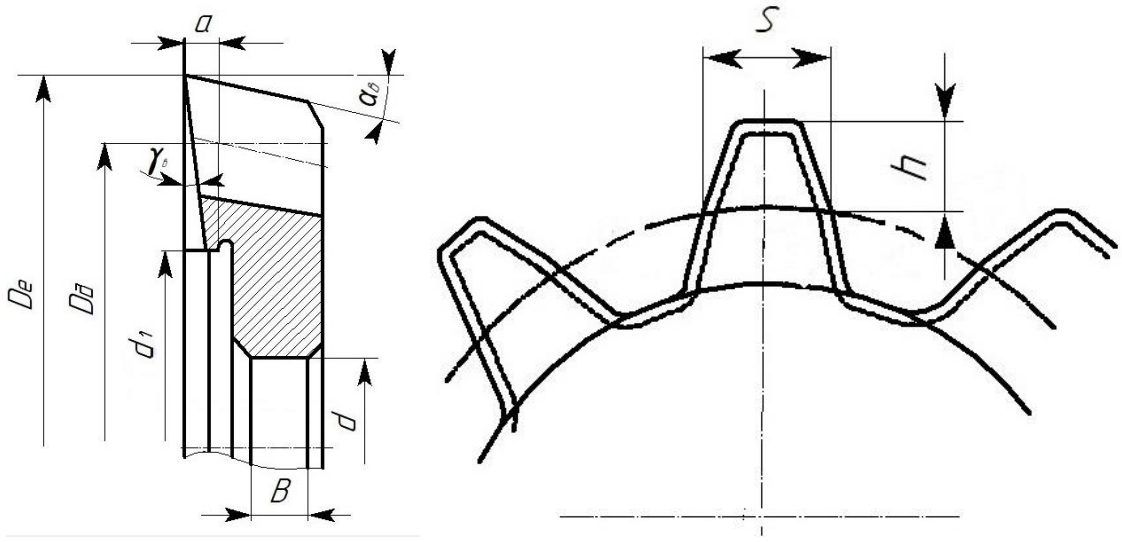


Рисунок 6.1 – Конструктивні та геометричні параметри зуборізного довбача

Таблиця 6.1 – Результати вимірювань параметрів зуборізного довбача

Параметр зуборізного довбача	Метод вимірювання або визначення
1	2
Модуль *m* зуба, мм	За маркуванням довбача
Число z_u зубів	Підрахунком
Зовнішній діаметр D_e довбача, мм	Мікрометром
Діаметр $D_з$ западин зубів довбача, мм	Штангенциркулем
Діаметр d_1 виточки, мм	
Діаметр *d* посадкового отвору, мм	
Довжина *B* посадкового отвору, мм	
Задній кут $\alpha_в$ на вершині зуба, °	Універсальним кутоміром
Передній кут $\gamma_в$ на вершині зуба, °	
Профільний кут $\alpha_{пр}$, °	Розрахунком за загальноприйнятими розрахунковими методиками
Діаметр D_o основної окружності, мм	
Товщина *S* зуба по ділильній окружності на передній поверхні	Зубоміром

Продовження таблиці 2.1

1	2
Зсув *a* вихідного перетину	Розрахунком за загальноприйнятими розрахунковими методиками
Основний крок *t*	
Задній кут α_N у головній січній площині, °	
Діаметр $D_д$ ділильної окружності, мм	

6.2 Загальні вказівки

Вимірювання геометричних параметрів зуборізного довбача на вершині зуба виконують за допомогою універсального кутоміра. Схема вимірювання заднього кута зуба довбача показана на рисунку 6.2, переднього кута – на рисунку 6.3.

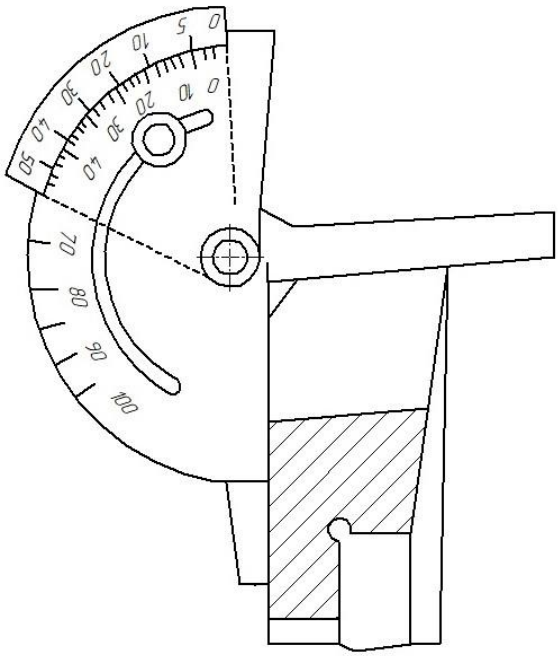


Рисунок 6.2 – Схема вимірювання заднього кута зуба довбача

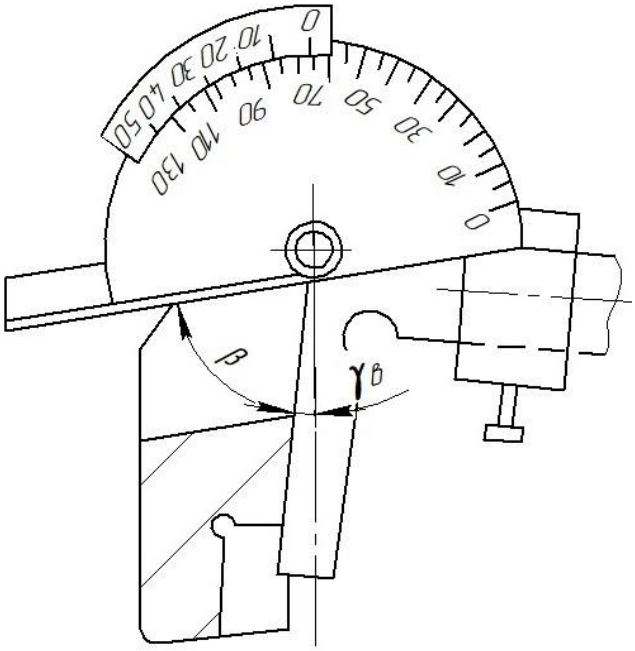


Рисунок 6.3 – Схема вимірювання переднього кута зуба довбача

Вимірювання товщини *S* зуба довбача на ділильному діаметрі передньої поверхні здійснюється за допомогою зубоміра за схемою, наведеною на рисунку 6.4.

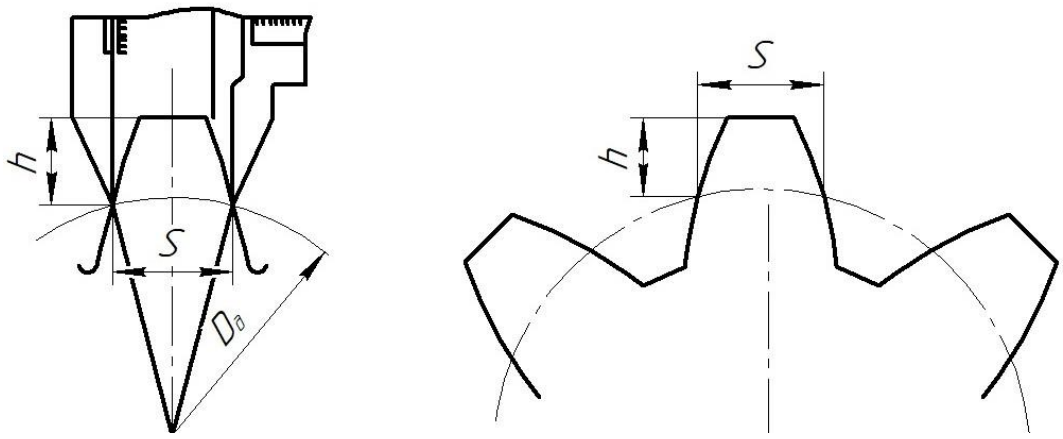


Рисунок 6.4 – Схема вимірювання товщини зуба довбача

Висоту вимірювання *h* розраховують за формулами:

$$h = R_e - \frac{mz_u}{2} \cdot \cos\frac{\varphi}{2};$$

$$\varphi = \frac{180}{z_u},$$

де R_e – радіус окружності виступів зубів довбача.

Розміри зуба довбача у вихідному перетині розраховують за наступними формулами:

– висота голівки зуба:

$$h'_{\text{вих}} = (f' + c') \cdot m,$$

де $f' = 1$; $c' = 0{,}30$;

– висота ніжки зуба:

$$h''_{\text{вих}} = h'_{\text{вих}};$$

– товщина зуба за дугою ділильної окружності:

$$S_{\text{вих}} = \frac{\pi m}{2};$$

– діаметр окружності виступів:

$$D_{e_{\text{вих}}} = D_{\text{д}} + 2h'_{\text{вих}} = mz_u + 2(f' + c') \cdot m;$$

– діаметр окружності западин:

$$D_{з_{\text{вих}}} = D_{\text{д}} - 2h''_{\text{вих}} = mz_u - 2(f' + c') \cdot m.$$

Величину вихідної відстані зуборізного довбача визначають за формулою:

$$a = \frac{\xi m}{\text{tg}\alpha_{\text{в}}} = \frac{D_e - D_{e_{\text{вих}}}}{2\text{tg}\alpha_{\text{в}}},$$

де ξ – коефіцієнт зміщення, що може бути визначений за графіками, наведеними на рисунку 6.5 в залежності від мінімальної товщини зуба довбача на окружності виступів, яка, в свою чергу, обирається в залежності від модуля зуба за даними таблиці 6.2.

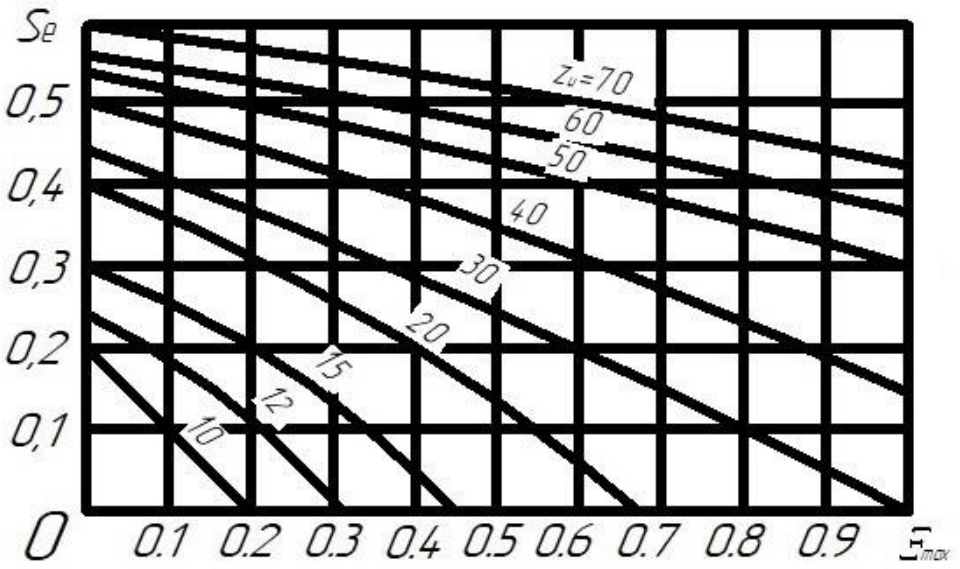


Рисунок 6.5 – Графіки для визначення максимального коефіцієнта зміщення в залежності від товщини зуба довбача на окружності виступів

Таблиця 6.2 – Мінімальна товщина зуба довбача на окружності виступів

Модуль зуба, мм	Товщина зуба, мм
1…1,5	(0,46…0,41)
1,75…2,75	(0,40…0,31)
3,0…4,0	(0,30…0,25)
4,25…6,0	(0,25…0,20)
6,5…8,0	(0,20…0,10)

Діаметр основного циліндра довбача визначається за умовою:

$$D_o = D_д \cdot \cos\alpha_u = mz_u \cdot \cos\alpha_u,$$

де z_u – кількість зубів довбача;

α_u – профільний кут зуба довбача, що визначається за виразом:

$$\mathrm{tg}\alpha_u = \mathrm{tg}\alpha_в \cdot \frac{1}{1-\mathrm{tg}\alpha_в \cdot \mathrm{tg}\gamma_в},$$

де $\gamma_в$ – передній кут на вершині зуба (для стандартних довбачів);

$\alpha_в$ – задній кут на вершині зуба (для стандартних довбачів).

Задній кут на бічних кромках, виміряний у головній січній площині, пов’язаний з кутом $\alpha_в$ залежністю:

$$\mathrm{tg}\alpha_N = \mathrm{tg}\alpha_в \cdot \sin\alpha_u.$$

Радіальне биття Δρ зубчастого вінця довбача визначають за допомогою приладу для вимірювання биття евольвентних зубчастих коліс. Вимірювання здійснюють за схемою, наведеною на рисунку 6.6. Довбач встановлюють на оправці у центрах приладу. Відповідно до модулю зуба вимірюваного довбача виставляється вимірювальний наконечник приладу. Наконечник заводять до западини зуба довбача, і при натязі 0,3…0,5 мм стрілка індикатора 2 встановлюється на нуль. Рукояткою 1 наконечник виводять із западини, і довбач повертають для вимірювання наступного зуба. Таким чином послідовно контролюють усі зуби довбача. Радіальне биття зубчастого вінця підраховується як сума абсолютних величин найбільшого та найменшого показів індикатора.

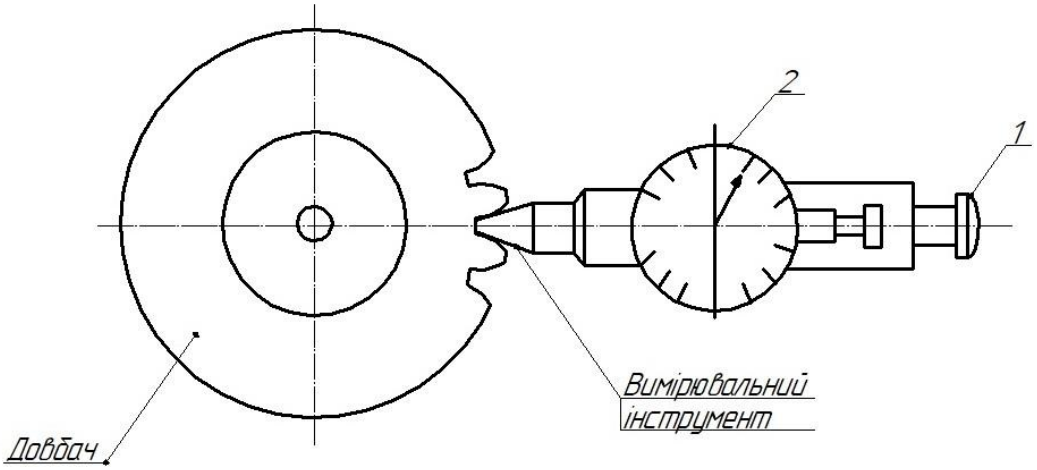


Рисунок 6.6 – Схема вимірювання радіального биття зубчастого вінця довбача

Вимірювання радіального биття Δ*D* окружності виступів та торцевого биття передньої поверхні довбача виконують на тому ж приладі для вимірювання биття евольвентних зубчастих коліс. Спочатку за допомогою індикатора визначають радіальне биття окружності виступів довбача як суму абсолютних значень найбільшого та найменшого показів індикатора. Далі, підвівши ніжку індикатора до передньої поверхні довбача нижче за діаметр западин, визначають торцеве биття передньої поверхні. Регламентовані величини Δ*T* торцевого биття передньої поверхні довбача задаються на ділильній окружності. Відповідно, за величиною виміряного значення $\Delta T_{вим}$ торцевого може бути отримане значення Δ*T*:

$$\Delta T = \Delta T_{вим} \cdot \frac{D_д}{D_{вим}},$$

де $T_{вим}$ – виміряна величина биття;

$D_{вим}$ – діаметр, на якому виконується вимірювання.

Результати контролю довбача порівнюються з припустимими за стандартом.

6.5 Зміст звіту

1 Тема роботи.
2 Мета роботи.
3 Обладнання, прилади та інструменти.
4 Ескіз виданого викладачем зуборізного довбача із зазначенням конструктивних та геометричних параметрів.
5 Результати розрахунків вихідної відстані зуборізного довбача, розмірів довбача у вихідному перетині.
6 Результати контролю параметрів зуборізного довбача у порівнянні з припустимими.
7 Висновки за результатами роботи.

6.6 Контрольні питання

1 Назвіть призначення та конструктивні особливості зуборізного довбача.
2 У якому перетині зуборізний довбач має найбільше значення заднього кута?
3 Де розташований вихідний перетин зуборізного довбача?
4 До якої межі можна загострювати зуборізний довбач?
5 Як вимірюють основні похибки зуборізного довбача?

ЛІТЕРАТУРА

1 Швець С. В. Металорізальні інструменти: навчальний посібник. Суми: Вид-во СумДУ, 2007. 185 с. ISBN 978-966-657-108-6.

2 Веселовська Н. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д., Ковальова І. М. Теорія різання та інструмент: навчальний посібник. Вінниця, 2018. 297 с.

3 Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва. Введення до предмету. Конспект лекцій для студентів механіко-машинобудівного інституту спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Інструментальні системи та формоутворення деталей». [Текст] / уклад. В. І. Солодкий. К.: КПІ ім. І. Сікорського, 2016. 307 с.

4 Клименко Г. П., Мироненко Є. В., Гузенко В. С., Васильченко Я. В., Шаповалов М. В. Експлуатація збірних різців: монографія. Краматорськ: ДДМА, 2015. 83 с. ISBN 978-966-379-732-8.

Навчальне видання

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальностей G9 «Прикладна механіка», G11 «Машинобудування»
(спеціалізація G11.01 «Верстати та інструменти»)
денної та заочної форм здобуття вищої освіти

Укладачі: КЛИМЕНКО Галина Петрівна,
КАЛІНІЧЕНКО Володимир Васильович,
ШАПОВАЛОВ Максим Валерійович,
КОВАЛЕНКО Антон Валентинович

За авторською редакцією

Комп’ютерне верстання Я. О. Бершацька

7/2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,54. Обл.-вид. арк. 1,73.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003