

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи
«Температура при точінні сталі»
з дисциплін
«Теорія різання»,
«Основи теорії різання матеріалів та ріжучий інструмент»

Харків

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

«Температура при точінні сталі»

з дисциплін

«Теорія різання»,

«Основи теорії різання матеріалів та ріжучий інструмент»

для студентів технічних спеціальностей

Затверджено

редакційно-видавничою

радою університету,

протокол №3 від 30.10.2025 р.

Харків

НТУ «ХП»

2025

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Температура при точінні сталі» з дисциплін «Теорія різання», «Основи теорії різання матеріалів та ріжучий інструмент» для студентів технічних спеціальностей / Уклад.: В. М. Доля. – Харків: НТУ «ХПІ», 2025. – 13 с.

Укладач В. М. Доля

Рецензент Кобець О.В.

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М. Ф. Семка

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Мета роботи.....	5
2. Зміст роботи.....	5
3. Методика проведення експерименту.....	5
4. Порядок виконання роботи.....	7
5. Обробка експериментальних даних.....	8
6. Охорона праці та техніка безпеки.....	10
7. Завдання для самостійного виконання роботи.....	11
8. Зміст звіту.....	11
Питання для самоперевірки.....	12
Література.....	12

Вступ

Спеціалістам у галузі машинобудування необхідно знати поняття про теплові явища, що виникають у процесі різання матеріалів та наслідки впливу температури різання на вихідні показники технологічного процесу. Вивчення температури різання необхідне для оптимізації процесу обробки матеріалів, оскільки вона прямо впливає на: стійкість різального інструменту (висока температура призводить до швидкого зносу), якість поверхні деталі (високі температури можуть погіршити якість обробки), продуктивність (оптимальні температури дозволяють збільшити швидкість обробки) та працездатність верстатів. Контроль теплового стану в зоні різання є ключем до підвищення ефективності та зменшення витрат. Ключові причини, чому важливо вивчати температуру різання:

Вплив на зношування інструменту: висока температура негативно впливає на робочу поверхню різця, знижуючи його твердість та стійкість, що призводить до прискореного зносу і потреби частішої заміни інструменту, а таким чином збільшення експлуатаційних витрат.

Вплив на якість обробки: надмірне нагрівання деталі в процесі різання може призвести до зміни її властивостей, деформації або залишення слідів на обробленій поверхні, погіршуючи її якість.

Підвищення продуктивності: керуючи температурним режимом, можна досягти більш високих швидкостей різання без шкоди для інструменту та деталі, що значно збільшує продуктивність роботи.

Збереження працездатності верстата: надмірне тепловиділення негативно впливає на вузли верстата, знижуючи їхню працездатність та ресурс.

Вибір оптимальних умов: вивчення теплових явищ дозволяє розробити рекомендації для створення оптимальних теплових умов процесу різання, що є основою для ефективної механічної обробки матеріалів.

1. МЕТА РОБОТИ

1. Ознайомлення з методами вимірювання температури у зоні різання.
2. Дослідження впливу режимів різання (V , S , t) на середню температуру контактних поверхонь інструменту методом природної термопари.

2. ЗМІСТ РОБОТИ

1. Освоєння методики експериментального визначення температури різання під час точіння.
2. Ознайомлення з обладнанням та приладами, які застосовуються при вимірюванні температури різання.
3. Набуття навичок проведення експерименту.
4. Обробка експериментальних даних.
5. Оформлення звіту.
6. Аналіз закономірностей зміни температури різання, залежно від елементів режиму різання.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Експериментальні методи дослідження теплових процесів, що використовуються в даний час, в зоні різання надзвичайно різноманітні. З їх допомогою можна визначити кількість теплоти, що виділяється, і його розподіл між стружкою, деталлю і інструментом; температуру контактних майданчиків; температурні поля в зоні деформації та ріжучому клині інструмента. Одним із методів визначення температури різання, що використовується у цій лабораторній роботі, є метод природної термопари. У методі природної (натуральної) термопари (запропонованому Е. Гербертом і К. Готвейном) елементами термопари служать заготовка та інструмент, які, будучи різнорідними матеріалами, у процесі різання мають сильно нагрітий контакт, що фактично є спаєм цієї термопари. Кінці інструмента і заготовки мають значно нижчу температуру.

Схема вимірювання температури при точінні методом природної термопари зображена на рис. 3.1. Оброблювана заготовка *1* ізолювана від патрона *3* і центру задньої бабки ебонітовими прокладками і пробкою *5*.

Цілісний різець *2* з швидкорізальної сталі або твердого сплаву ізолюваний від різцетримача ебонітовими прокладками *5*. Різець роблять цілісним для того, щоб у місці приварювання або припаювання ріжучої пластинки до корпусу різця не утворилися паразитні термопари. Деталь мідним провідником *10* з'єднана з гнучким валом *6*, закріпленім в ебонітовій втулці, встановленій на кінці шпинделя верстата *4*. Контактний наконечник *7* гнучкого вала опущений у ванну з ртуттю *8*. Мілівольтметр *9* однією клемою з'єднаний з торцем різця, а другою – з ртутним струмознімачем. Замкнутий електричний ланцюг складається з заготовки - провідника - гнучкого валу - струмознімача - мілівольтметра - різця - заготовки. Заготовку ізолюють від верстата для усунення впливу паразитних термопар, що можуть виникнути між окремими деталями верстата. Однак роль паразитних термопар при високій температурі контактних поверхонь інструменту незначна, і за рахунок деякого зниження точності вимірювання установку можна спростити, відмовившись від ізоляції болванки, зберігши ізоляцію тільки різця.

Великим недоліком методу природної термопари є необхідність тарувальних графіків термо-ЕРС – °С для кожної комбінації оброблюваний та інструментальний матеріал. Ці графіки одержують за допомогою досить трудомістких експериментів на спеціальних установках, вид однієї з яких наведений на рис. 3.2. Стрижні *1* і *2* з оброблюваного та інструментального матеріалів із певною силою притискаються до нагрівача *3*. Одночасно до нагрівача у тім же місці приварена контрольна термопара *4*. Задаючи різну температуру нагрівання реостатом *6*, порівнюють покази гальванометрів *8*, підключеного до контрольної

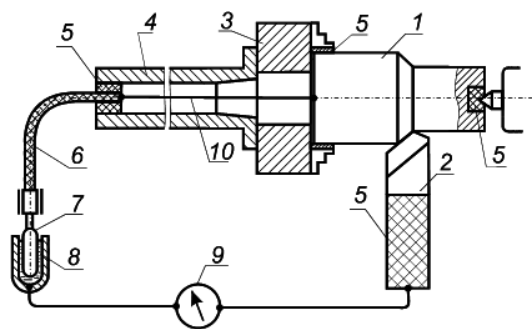


Рисунок 3.1 – Схема виміру температури різання методом природної термопари

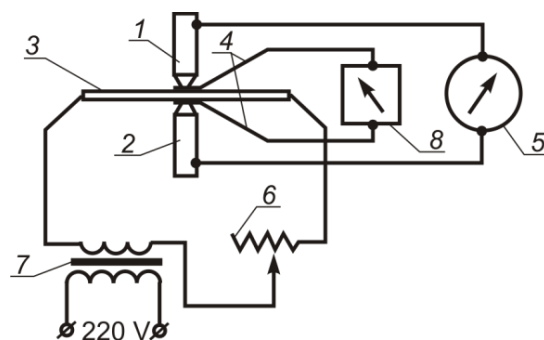


Рисунок 3.2 – Схема установки для тарування природної термопари контактним способом

термопари 4, і 5 – до випробовуваної термопари. Ці дані є основою для тарувального графіка.

4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Встановити та закріпити деталь у верстаті.
2. Ізолювати різець ебонітовими прокладками від верстата.
3. Провести під прокладкою провід потенціометра. Затиснути різець у різцетримачі верстата.
4. Встановити на верстаті задану подачу та кількість оборотів деталі.
5. Змінюючи чотири рази глибину різання, виміряти температуру різання, що виникає у процесі обробки.
6. При цьому числі оборотів і постійній заданій глибині різання, змінюючи чотири рази подачу, виміряти температуру різання.
7. Встановити на верстаті задану подачу, залишивши незмінною глибину різання. Змінюючи чотири рази числа оборотів деталі, виміряти температуру різання.
8. Експериментальні дані занести до табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Результати вимірювання температури різання

№ експерименту	Режими різання				Показання мілівольтметра, мВ	Температура різання θ , °С
	Глибина різання t , мм	Подача S , мм/об	Число оборотів n , об/хв	Швидкість різання V , м/хв		
1	t_1	S_{const}	n_{const}	V_{const}		θ_1
2	t_2					θ_2
3	t_3					θ_3
4	t_4					θ_4
5	t_{const}	S_1	n_{const}	V_{const}		θ_5
6		S_2				θ_6
7		S_3				θ_7
8		S_4				θ_8
9	t_{const}	S_{const}	n_1	V_1		θ_9
10			n_2	V_2		θ_{10}
11			n_3	V_3		θ_{11}
12			n_4	V_4		θ_{12}

Інструментальний матеріал: _____

Матеріал, що обробляється: _____

Діаметр заготовки: _____ мм.

Параметри різальної частини інструменту:

$\gamma = \underline{\hspace{1cm}}$; $\alpha = \underline{\hspace{1cm}}$; $\varphi = \underline{\hspace{1cm}}$; $\varphi_1 = \underline{\hspace{1cm}}$; $\lambda = \underline{\hspace{1cm}}$; $\varepsilon = \underline{\hspace{1cm}}$; $r = \underline{\hspace{1cm}}$.

Значення t , S і V задаються викладачем.

9. Знаючи число обертів n та діаметр деталі, підрахувати швидкість різання V .

10. Побудувати три графіки залежності $\theta = f(t)$; $\theta = f(S)$; $\theta = f(V)$.

11. Зробити висновки щодо впливу режимів різання на температуру різання.

5. ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Загальна математична модель опису залежності температури в зоні різання від елементів режиму різання може бути представлена у вигляді:

$$\theta = C_{\theta} \cdot t^{x_{\theta}} \cdot S^{y_{\theta}} \cdot V^{z_{\theta}}.$$

Обробка експериментальних даних зводиться до визначення коефіцієнта C_{θ} та показників ступеня z_{θ} , y_{θ} , x_{θ} аналітичним методом.

Показники ступеня z_{θ} , y_{θ} , x_{θ} характеризують інтенсивність впливу глибини різання t , подачі S та швидкості різання V на температуру в зоні різання та визначаються як тангенси кутів нахилу у логарифмічних координатах відповідних графіків залежностей $\theta = f(t)$, $\theta = f(S)$, $\theta = f(V)$ до осі абсцис.

Отже, можна записати:

$$X_{\theta} = (\lg \theta_4 - \lg \theta_1) / (\lg t_4 - \lg t_1);$$

$$Y_{\theta} = (\lg \theta_8 - \lg \theta_5) / (\lg S_4 - \lg S_1);$$

$$Z_{\theta} = (\lg \theta_{12} - \lg \theta_9) / (\lg V_4 - \lg V_1).$$

Визначимо коефіцієнти $C_{\theta t}$, $C_{\theta S}$, $C_{\theta V}$ в залежностях:

$$\theta = C_{\theta t} \cdot t^{x_{\theta}}, \theta = C_{\theta S} \cdot S^{y_{\theta}}, \theta = C_{\theta V} \cdot V^{z_{\theta}}.$$

1. Для i -го значення t (при $V = \text{const}$ і $S = \text{const}$) $\theta_{ti} = C_{\theta ti} \cdot t_i^{x_{\theta}}$, звідки

$$C_{\theta ti} = \theta_{ti} / t_i^{x_{\theta}}. \quad (5.1)$$

З табл. 4.1 для t_1 і t_2 візьмемо значення θ_1 і θ_2 . За формулою (5.1) визначимо:

$$C_{\theta t_1} = \theta_1 / t_1^{x_\theta};$$

$$C_{\theta t_2} = \theta_2 / t_2^{x_\theta}.$$

Загальний коефіцієнт $C_{\theta t}$ в залежності $\Theta = f(t)$ визначається як:

$$C_{\theta t} = (C_{\theta t_1} + C_{\theta t_2}) / 2.$$

2. Для i -го значення S (при $V = \text{const}$, $t = \text{const}$) $\theta_{Si} = C_{\theta Si} \cdot S_i^{y_\theta}$, звідки

$$C_{\theta Si} = \theta_{Si} / S_i^{y_\theta} \quad (5.2)$$

З табл. 4.1 для S_1 і S_2 візьмемо значення θ_5 і θ_6 . За формулою (5.2) визначимо:

$$C_{\theta S_1} = \theta_5 / S_1^{y_\theta};$$

$$C_{\theta S_2} = \theta_6 / S_2^{y_\theta}.$$

Загальний коефіцієнт $C_{\theta S}$ в залежності $\Theta = f(S)$ визначається як:

$$C_{\theta S} = (C_{\theta S_1} + C_{\theta S_2}) / 2.$$

3. Для i -го значення V (при $t = \text{const}$, $S = \text{const}$) $\theta_{Vi} = C_{\theta Vi} \cdot V_i^{z_\theta}$, звідки

$$C_{\theta Vi} = \theta_{Vi} / V_i^{z_\theta} \quad (5.3)$$

З табл. 4.1 для V_1 і V_2 візьмемо значення θ_9 і θ_{10} . За формулою (5.3) визначимо:

$$C_{\theta V_1} = \theta_9 / V_1^{z_\theta};$$

$$C_{\theta V_2} = \theta_{10} / V_2^{z_\theta}.$$

Загальний коефіцієнт $C_{\theta V}$ в залежності $\Theta = f(V)$ визначається як:

$$C_{\theta V} = (C_{\theta V_1} + C_{\theta V_2}) / 2.$$

Остаточно записуються залежності $\Theta = f(t)$, $\Theta = f(S)$, $\Theta = f(V)$, у яких коефіцієнти та показники ступеня мають розраховані значення.

Для довільного значення температури різання Θ цю модель можна переписати: $\theta_i = C_{\theta i} \cdot t_i^{x_\theta} \cdot S_i^{y_\theta} \cdot V_i^{z_\theta}$, звідки

$$C_{\theta i} = \theta_i / t_i^{x_\theta} \cdot S_i^{y_\theta} \cdot V_i^{z_\theta} \quad (5.4)$$

З табл. 4.1 з кожної серії дослідів випишуємо по два (як мінімум) довільних рядки.

1. З першої серії дослідів:

$$\theta_1 \text{ при } t = t_1; S = S_0; V = V_0;$$

$$\theta_2 \text{ при } t = t_2; S = S_0; V = V_0.$$

2. З другої серії дослідів:

$$\Theta_5 \text{ при } t = t_0; S = S_1; V = V_0;$$

$$\Theta_6 \text{ при } t = t_0; S = S_2; V = V_0.$$

3. З третьої серії дослідів:

$$\Theta_9 \text{ при } t = t_0; S = S_0; V = V_1;$$

$$\Theta_{10} \text{ при } t = t_0; S = S_0; V = V_2.$$

За формулою (5.4) визначаємо:

$$C_{\theta 1} = \theta_1 / t_1^{x_\theta} \cdot S_0^{y_\theta} \cdot V_0^{z_\theta}; \quad C_{\theta 2} = \theta_2 / t_2^{x_\theta} \cdot S_0^{y_\theta} \cdot V_0^{z_\theta};$$

$$C_{\theta 5} = \theta_5 / t_0^{x_\theta} \cdot S_1^{y_\theta} \cdot V_0^{z_\theta}; \quad C_{\theta 6} = \theta_6 / t_0^{x_\theta} \cdot S_2^{y_\theta} \cdot V_0^{z_\theta};$$

$$C_{\theta 9} = \theta_9 / t_0^{x_\theta} \cdot S_0^{y_\theta} \cdot V_1^{z_\theta}; \quad C_{\theta 10} = \theta_{10} / t_0^{x_\theta} \cdot S_0^{y_\theta} \cdot V_2^{z_\theta}.$$

Загальний коефіцієнт $\Theta = f(t, S, V)$ визначається як середнє арифметичне коефіцієнтів $C_{\theta 1}, C_{\theta 2}, C_{\theta 5}, C_{\theta 6}, C_{\theta 9}, C_{\theta 10}$:

$$C_\theta = (C_{\theta 1} + C_{\theta 2} + C_{\theta 5} + C_{\theta 6} + C_{\theta 9} + C_{\theta 10}) / 6.$$

Остаточно записуємо у звіт загальну модель $\theta = C_\theta \cdot t^{x_\theta} \cdot S^{y_\theta} \cdot V^{z_\theta}$, у якій коефіцієнту C_θ та показникам ступеня $x_\theta, y_\theta, z_\theta$ надаємо їх числові значення, а також робимо висновки про вплив елементів режиму різання на температуру різання.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Джерелами підвищеної небезпеки при роботі на токарно-гвинторізних верстатах в першу чергу є частини, що обертаються, і стружка. Не слід нехтувати запобіжними пристроями, передбаченими конструкцією верстата, чи це щиток, екран, кожух або загородження. Заготовку слід надійно закріплювати у патроні чи центрах верстата. Вся робота на токарному верстаті та приладах проводиться навчальним майстром або викладачем, який проводить заняття. Завдання студентів – фіксувати результати дослідів. Студент не має права самостійно вмикати верстат та проводити лабораторну роботу. Не можна при роботі верстата низько нахилитися над оброблюваною деталлю, щоб уникнути попадання стружки в очі. Зона різання має бути прикрита захисним кожухом. Не можна гарячу стружку брати незахищеними руками. Верстат повинен бути заземлений. Одяг студента не повинен мати частин, які могли б захоплюватися елементами верстата, що обертаються. Студент повинен мати головний убір.

7. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись із змістом та методикою проведення роботи.
2. Вивчити теплові явища, що виникають у процесі різання.
3. Вивчити вплив глибини різання t , подачі S , швидкості різання V , на середню температуру різання.
4. Вивчити методи визначення температури різання.
5. Вивчити принципи дії термопар.
6. Вивчити конструкцію та принцип роботи природної термопари.
7. Вивчити суть методу обробки результатів експерименту.
8. Виконати заміри температури різання при різних умовах обробки і занести ці значення до таблиці звіту з лабораторної роботи.
9. Побудувати графіки впливу глибини різання t , подачі S , швидкості різання V , на температуру різання.
10. Записати загальну формулу впливу режиму різання на середню температуру різання $\theta = C_{\theta} \cdot t^{x_{\theta}} \cdot S^{y_{\theta}} \cdot V^{z_{\theta}}$.
11. Виконати звіт з лабораторної роботи.

8. ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Звіт з лабораторної роботи оформляється згідно з журналом.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Лабораторне обладнання та вимірювальна апаратура.
5. Навести схему лабораторної установки.
6. Навести таблицю експериментальних даних.
7. Побудувати три графіки залежності температури різання від глибини, подачі, швидкості різання.

8. Навести розрахунок коефіцієнта C_{θ} та показників ступеня x_{θ} , y_{θ} , z_{θ} .
9. Зробити висновок вплив режимів різання на температуру.

Питання для самоперевірки

1. Які джерела теплоти утворюються у процесі різання?
2. Куди відводиться тепло від джерел, що утворилися?
3. Як впливає температура нагріву на знос різця?
4. Як змінюється температура різання зі зміною співвідношення тепло-виділення та тепловідведення?
5. Як впливають режими різання на температуру різання?
6. Як впливають геометричні параметри шару, що зрізається на температуру різання?
7. Як впливає геометрія різця на температуру різання?
8. Як впливає оброблюваний матеріал на температуру?
9. Як впливає охолоджувальна рідина на температуру різання?
10. Які методи вимірювання температури належать до непрямих?
11. Які методи температури відносяться до безпосередніх?

Література

1. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2011. – 422 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

«Температура при точінні сталі»

з дисциплін «Теорія різання»,

«Основи теорії різання матеріалів та ріжучий інструмент»

для студентів технічних спеціальностей

Укладач ДОЛЯ Віктор Миколайович

Роботу до видання рекомендував проф. Клочко О. О.

В авторській редакції

План 2025 р., поз. 825.

Підп. до друку 30.10.2025 р. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 0,5.

Видавничий центр НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Свідоцтво про державну реєстрацію № 5478 від 21.08.2017 р.

Електронне видання