

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

СУЧАСНІ ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри
«Комп'ютеризовані
мехатронні системи,
інструмент і технології»
Протокол № 1 від 28 серпня 2018 р.

Краматорськ
ДДМА
2018

Сучасні фізичні та математичні методи досліджень : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / уклад. : В. В. Калініченко. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 15 с.

Наведені методики виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні фізичні та математичні методи досліджень» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня освітньо-професійної програми «Галузеве машинобудування» (професійні спрямування «Комп'ютеризовані мехатронні верстати та системи», «Комп'ютерно-інтегровані технології інструментального виробництва) та освітньо-наукової програми «Галузеве машинобудування» (наукове спрямування «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти»).

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» (протокол № 1 від 28 серпня 2018 р.).

Електронне навчальне видання

Укладач

В. В. Калініченко, доц.

ЗМІСТ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ МІКРОГЕОМЕТРІЇ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИВЧЕННЯ МЕТОДИКИ ТАРУВАННЯ ДИНАМОМЕТРУ УДМ-600 ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДОВИХ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ.....	9
ЛІТЕРАТУРА.....	15

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ МІКРОГЕОМЕТРІЇ
ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ

1.1 Мета роботи

Дослідити та обґрунтувати вплив подачі та геометрії токарного різця на фактичний діаметр обробленої поверхні деталі при точінні.

1.2 Обладнання, прилади, інструменти, матеріали

- 1 Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62.
- 2 Комплект заготовок з вуглецевої сталі 35.
- 3 Комплект токарних різців.
- 4 Мікрометр.

1.3 Теоретичні відомості

Мікрометр (рисунок 1.1) – універсальний вимірювальний інструмент (прилад), призначений для вимірювань лінійних розмірів абсолютним контактним методом в області малих розмірів з високою точністю (до 2 мкм), перетворюючим механізмом якого є мікропара «гвинт–гайка».



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд мікрометра

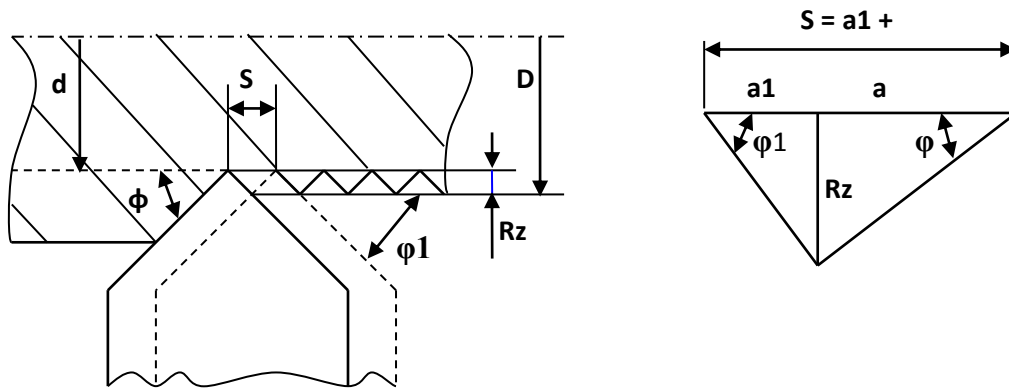
Принцип дії мікрометра базується на переміщенні гвинта уздовж своєї осі при обертанні його у нерухомій гайці. Переміщення гвинта є пропорційним до куту повороту гвинта навколо осі. Повні оберти відраховують за шкалою, нанесеною на стеблі мікрометра, а частини оберту – за круговою шкалою, нанесеною на барабані. Оптимальним є переміщення гвинта у гайці лише на довжину не більше ніж 25 мм (через труднощі виготовлення гвинта з точним кроком на більшій довжині). Тому виготовляють кілька типорозмірів мікрометрів: для вимірювання довжин від 0 до 25 мм, від 25 до 50 мм і т. д. Для мікрометрів з межами вимірювань від 0 до 25 мм при зімкнених вимірювальних площинах п'яти та мікрометричного гвинта нульовий штрих шкали барабана повинен точно збігатися з поздовжнім штрихом на стеблі, а скошений край барабана – з нульовим штрихом шкали стебла. Для вимірювань довжин, більших за 25 мм, застосовують мікрометр зі змінними п'ятами; встановлення таких мікрометрів на нуль виконують за допомогою установчої міри, що прикладається до мікрометра, або кінцевих мір. Вимірювану деталь затискають між вимірювальними площинами мікрометра. Зазвичай крок гвинта мікрометра становить 0,5 або 1 мм та відповідно шкала на стеблі має ціну поділки 0,5 або 1 мм. На барабані ж наноситься 50 або 100 поділок для отримання величини ціни поділки 0,01 мм. Ця величина ціни поділки є найпоширенішою, але є мікрометри і з ціною поділки 0,005, 0,002 та 0,001 мм. Постійне осьове зусилля при контакті гвинта з вимірюваною деталлю забезпечується фрикційним пристроєм-тріскачкою. При щільному зімкненні вимірювальних поверхонь мікрометра з поверхнею вимірюваної деталі тріскачка починає провертатися з легким тріском, при цьому обертання гвинта слід припинити після трьох клацань.

При дослідженні шорсткого профілю обробленої поверхні деталі її ділять на розрахункові та дійсні нерівності. Висота та форма розрахункових нерівностей визначається геометрично (рисунок 1.2) та обчислюється за формулами (якщо різець має кругове перехідне лезо), з урахуванням наступних припущень:

- 1) оброблюваний матеріал вважається абсолютно недеформівним;
- 2) технологічна система є абсолютно жорсткою;
- 3) леза інструменту є геометричними лініями.

Дійсні нерівності або просто нерівності – це мікронерівності, що виникли на обробленій поверхні деталі після проходження різального інструменту.

На наведених формулах для розрахунку параметру шорсткості обробленої поверхні R_z , видно, від яких параметрів залежить висота розрахункових нерівностей при точінні (подача, величина кутів у плані інструменту, радіус кривизни вершини леза та глибина різання при $t < S$), проте реальні нерівності за формою і висотою відрізняються від розрахункових нерівностей і мають більшу величину. У порівнянні



$$\begin{aligned}
 a1 + a &= S \\
 a1 &= Rz \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1 \quad a = Rz \cdot \operatorname{ctg} \varphi \\
 Rz \cdot \operatorname{ctg} \varphi + Rz \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1 &= S \\
 Rz &= \frac{S}{\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi_1} \\
 D &= d + 2 \cdot Rz
 \end{aligned}$$

Рисунок 1.2 – Розрахунковий профіль мікрогеометрії поверхні, обробленої точінням

з розрахунковим, реальний мікропрофіль обробленої поверхні деталі втрачає свою регулярність.

Це пояснюється наступними причинами:

- пластичною текучістю матеріалу із зони первинної деформації у бік вершин мікронерівностей;
- вібраціями деталі та інструменту під час обробки;
- тертям задніх поверхонь інструменту по поверхні різання;
- нерівностями лез інструменту, які зростають у міру його зношування;

Слід зауважити, що крім чотирьох перерахованих основних причин і тих же факторів, що впливають і на висоту розрахункових нерівностей, на мікрогеометрію обробленої поверхні впливають також властивості оброблюваного матеріалу та умови тертя на контактних поверхнях інструменту (наявність/відсутність мастильно-охолоджуючої рідини (МОР), схильність оброблюваного матеріалу до наростуутворення тощо), причому вплив вищевказаних чинників при зміні режимів обробки є різним.

Таким чином, мікрогеометрія обробленої поверхні деталі залежить від багатьох факторів, в тому числі і від режимів різання. У даній лабораторній роботі досліджується вплив величини подачі та величини кутів токарного різця у плані на реальний діаметр обробленої поверхні деталі при точінні.

У якості режимів різання у роботі приймаються: частота обертання шпинделя $n = 315$ об/хв, глибина різання $t = 1$ мм.

У якості різального інструменту приймається токарний прохідний збірний різець з МКП, оснащений пластиною типу 06 з твердого сплаву Т5К10 (ГОСТ 25397-82). Геометричні характеристики різця: головний передній кут $\gamma = 8^\circ$; головний задній кут $\alpha = 8^\circ$; кут нахилу головного різального леза $\lambda = 5^\circ$; радіус при вершині різця $\rho = 0,3$ мм.

1.4 Зміст та порядок виконання роботи

1 Вивчити конструкцію мікрометра та методику вимірювання фактичного діаметру обробленої поверхні деталі при точінні.

2 Вивчити особливості утворення мікрогеометрії обробленої поверхні при точінні.

3 Провести точіння заготовки при різних значеннях подачі S , згідно з планом експерименту.

4 Визначити фактичні діаметри обробленої поверхні деталі для різних режимів різання; результати занести до таблиці 1.1.

5 Для кожного досліду розрахувати теоретичні значення діаметрів заготовки для відповідних значень подачі S та головного кута різця у плані φ ; результати занести до таблиці 1.1. Для розрахунку використовувати формули, наведені у таблиці.

6 За результатами дослідів побудувати графіки залежностей фактичного діаметра заготовки від подачі S та головного кута різця у плані φ .

7 На підставі аналізу отриманих графіків зробити висновки про вплив подачі S та головного кута різця у плані φ на формування мікрорельєфу обробленої поверхні деталі і про причини відмінності теоретичних значень діаметру обробленої поверхні від фактичного.

Таблиця 1.1 – Умови та результати дослідження впливу подачі S та головного кута різця у плані φ на формування мікрорельєфу обробленої поверхні деталі при точінні

Подача S , мм/об	$S_1 = 0,1$ мм/об	$S_2 = 0,21$ мм/об	$S_3 = 0,3$ мм/об	$S_4 = 0,43$ мм/об	$S_5 = 0,57$ мм/об
Діаметр D , мм					
$R_z^{\text{вим}} = (D_i - D_1)/2$, мм					
$R_z^{\text{теор}} = \frac{S_i}{\text{ctg}\varphi + \text{ctg}\varphi_1}$, мм					
Кут у плані φ , ° при $S = 0,3$ мм/об, $\varphi_1 = 45^\circ$.	30°	45°	60°	90°	100°
$R_z^{\text{теор}} = \frac{S}{\text{ctg}\varphi_1 + \text{ctg}\varphi_1}$					

1.5 Зміст звіту

- 1 Тема роботи.
- 2 Мета роботи.
- 3 Обладнання, прилади, інструменти, матеріали.
- 4 Ескіз розрахункового профілю мікрогеометрії поверхні, обробленої точінням, з відповідними розрахунковими формулами.
- 5 Таблиця з результатами вимірювань та розрахунків.
- 6 Графіки залежностей діаметру заготовки від подачі S та головного кута різця у плані φ .
- 7 Висновки.

1.6 Контрольні питання

1. Опишіть принцип дії мікрометра.
2. Назвіть фактори, що впливають на формування мікрорельєфу обробленої поверхні деталі при точінні
3. Чим відрізняється розрахункова нерівність від дійсної і в чому причини цієї відмінності?
4. Охарактеризуйте вплив різних факторів (груп факторів) на мікрорельєф обробленої поверхні деталі при точінні. Вплив якого з цих факторів можна вважати вирішальним?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИВЧЕННЯ МЕТОДИКИ ТАРУВАННЯ ДИНАМОМЕТРА УДМ-600 ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДОВИХ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

2.1 Мета роботи

Вивчити конструкцію, принцип роботи та методику тарування динамометра УДМ-600 для вимірювання складових сили різання при механічній обробці.

2.2 Обладнання, інструменти, заготовки

1. Універсальний динамометр УДМ-600 з комплектом підсилюючої та реєструючої апаратури.
2. Тарувальний стенд
3. Зразковий динамометр.

2.3 Теоретичні відомості

Для визначення складових сили різання при механічній обробці слугує динамометр УДМ-600, який перетворює механічні зусилля, що діють на різальний інструмент при різанні, у вимірювані електричні величини. Перетворюючими елементами динамометру є тензометричні (дротові) перетворювачі, що являють собою кілька витків дуже тонкого дроту, виготовленого зі спеціального сплаву, який характеризується наявністю тензоефекту, тобто зміною величини електричного опору при механічній деформації перетворювача.

Оброблювана заготовка встановлена у корпусі динамометра на 16 пружних опорах (рисунок 2.1). Кожна опора складається з тонкостінної втулки 9 та двох ніжок 7 і 8. Опори виконані з термічно обробленої сталі 60С2А. На втулки опор наклеєні (чітко вздовж твірної втулки) дротові датчики опору 14 з базою 10 мм та номінальним електричним опором 100 Ом. На опори, осі яких розташовані вертикально, наклеєно по одному датчику; вони з'єднані у схему вимірювання сили P_z . На опори, осі яких розташовані горизонтально, наклеєно по два датчики: перші датчики з'єднані у схеми вимірювання сил P_y та P_x , другі – у схему вимірювання крутного моменту $M_{кр}$. Проводи від кожного датчика виведені крізь отвори у корпусі динамометра на панель 12 та приєднані

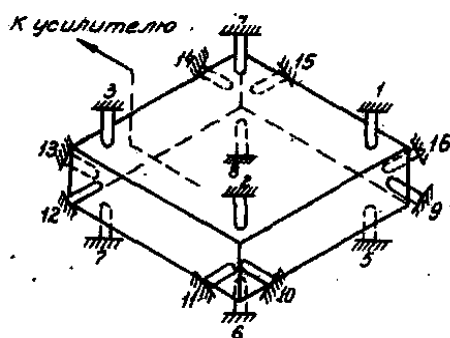
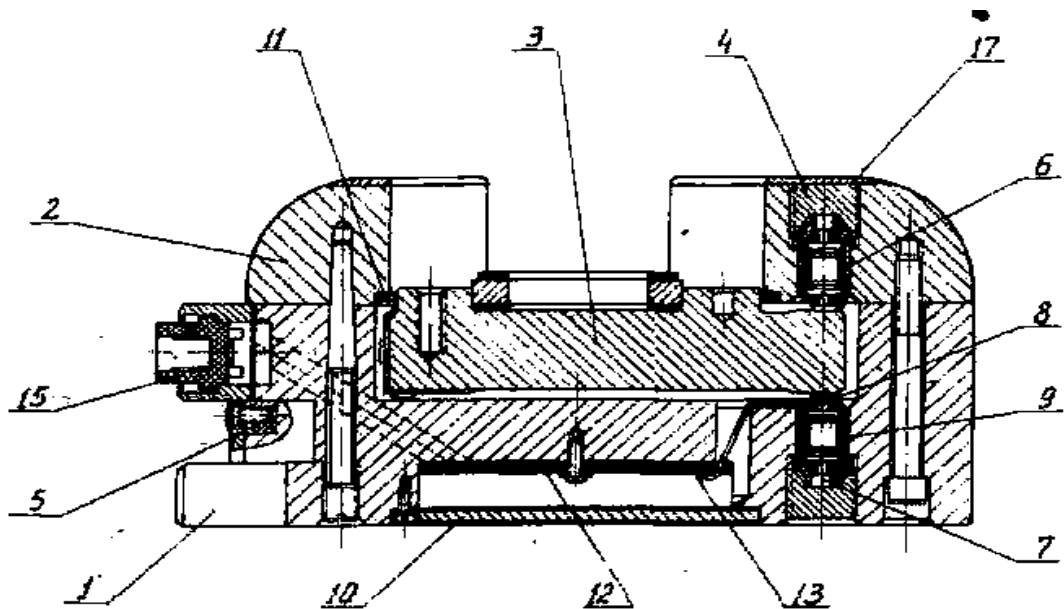


Рисунок 2.1 - Конструкція універсального динамометра УДМ-600 для вимірювання складових сили різання при механічній обробці

до клем 13. На панелі 12 датчики з'єднують у вимірювальні схеми. Схеми з'єднання датчиків показані на рисунку 8. Порожнину корпусу динамометра, у якій розташована панель 12, закривають кришкою 10. Проводи від вимірювальних схем виведені на роз'ємне шасі 15. При роботі динамометра до роз'ємного шасі 15 під'єднують екранований кабель від підсилювача.

Динамометр працює наступним чином. Під дією сили різання деформуються в основному опори, як найменш жорсткі деталі динамометра; наприклад, при навантаженні складовою сили т різання P_z деформуються вертикальні опори.

Дротові датчики, наклеєні на вертикальні опори, з'єднані таким чином (див. рис. 3.1), що сигнал вимірювальної схеми буде пропорційним до алгебраїчної суми деформацій усіх верхніх та нижніх вертикальних опор. При такому включенні дротових датчиків показання динамометра не залежить від точки прикладання сили різання. Сигнал з вимірювальної схеми надходить далі на вхід електронного підсилювача, підсилюється

і потім передається на мікроамперметр, за допомогою якого реєструються покази динамометра.

Тарування динамометру здійснюють для перевірки стабільності та чутливості динамометра. Динамометр рекомендується тарувати перед кожною великою серією дослідів. Тарування слід проводити на тарувальному стенді у наступній послідовності:

- 1) встановити динамометр на тарувальний стенд;
- 2) навантажити динамометр еталонним навантаженням окремо по кожній вимірюваній складовій сили різання та зафіксувати покази динамометра по цій же складовій.

В межах діапазону вимірювання динамометра задають 3–4 різних значення еталонного навантаження.

Процес тарування динамометра здійснюють наступним чином: за схемою навантаження, наведеною на рисунку 2.2, закріплюють динамометр (або експериментальну скобу) та здійснюють його навантаження вантажами по 10 кг (або спеціальним механізмом), при цьому вимірюють величину пружних деформацій $\Delta 1$ та $\Delta 2$ за допомогою індикатора годинникового типу. Результати вимірювань заносять до таблиці 2.1 та складають тарувальні графіки у вигляді кривих на даних відрізках $P (\Delta 1)$ та $P (\Delta 2)$.

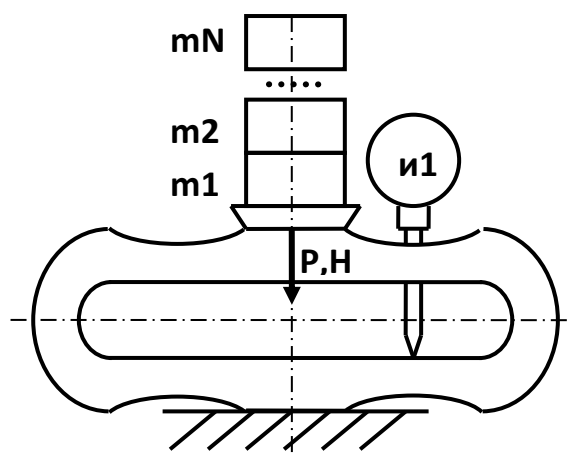


Рисунок 2.2 – Схема навантаження динамометра за допомогою експериментальної скоби

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань навантаження динамометра УДН-600

№ досліду	1	2	3	4	5	
Покази індикатора $\Delta 1$, мм						
Покази динамометра I , мкА						
Сила навантаження P , Н						

Потім вимірюють силу затиску у токарному патроні з електромеханічним приводом за допомогою закріплення у ньому експериментальної скоби (рисунок 2.3). Виміряну силу затиску необхідно порівняти з розрахованими значеннями зусиль закріплення заготовки (таблиця 2.2).

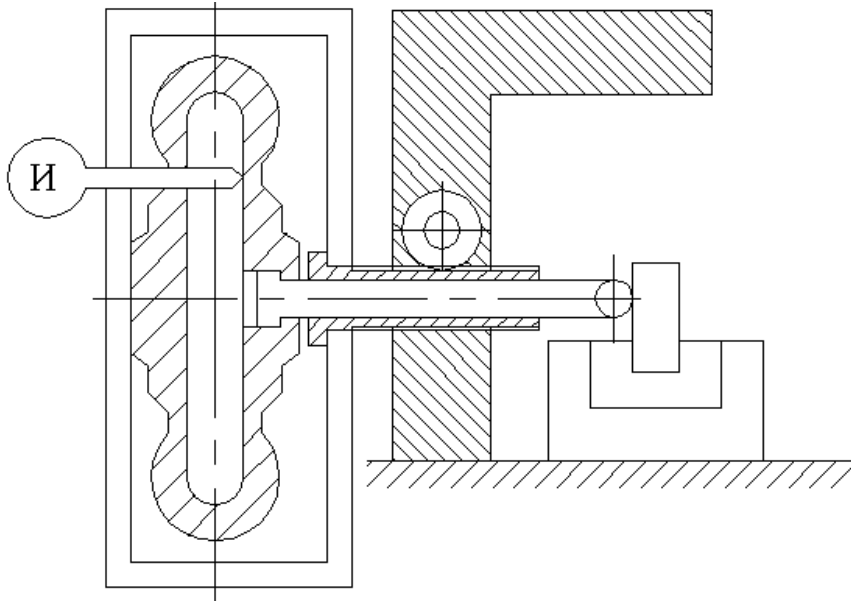


Рисунок 2.2 – Схема навантаження динамометра

Таблиця 2.2 – Зусилля закріплення заготовки у патроні верстата

№ досліду	Сила навантаження P , Н	Покази індикатору Δl , мм
1	100	0,01
2	200	0,03
3	300	0,05

Тарувальні графіки динамометра будують у наступних координатах: за вертикаллю відкладають покази динамометра у одиницях відлікового пристрою $A_{мка}$, а за горизонталлю – величину діючої сили P , поділену на значення коефіцієнта підсилення m (цифру, відповідну положенню перемикача $П_1$, підсилювача).

Нахил прямої тарувального графіка характеризується величиною коефіцієнта K :

$$K = \frac{A \cdot m}{P},$$

де A – покази динамометра;

P – сила різання або еталонна сила;

m – величина коефіцієнта підсилення, встановлена перед дослідом.

Обробка показів динамометра здійснюється наступним чином. Значення сил різання можна визначати за формулою:

$$P = A \cdot m / K, H.$$

Вимірювання складових сили різання за допомогою динамометра здійснюють наступним чином:

- 1) динамометр встановлюють на верстат та закріплюють на ньому необхідне пристосування (різцетримач або столик).
- 2) з'єднують екранованими проводами динамометр з підсилювачем, який вмикають у електромережу.
- 3) після ввімкнення підсилювача у електромережу роблять витримку на протязі 15–20 хвилин, необхідну для стабілізації температури всієї апаратури динамометра.
- 4) з'єднують проводами підсилювач з приладним щитом.
- 5) встановлюють величину підсилення, обертаючи перемикач П1 підсилювача.
- 6) ручками регулювання нуля підсилювача встановлюють нульові покази відлікових пристроїв.
- 7) проводять тарування динамометра та реєструють його показання динамометра.
- 8) після проведення дослідів вимикають підсилювач, від'єднують динамометр від мережі та роз'єднують усі проводи, що сполучають комплект динамометра.

2.4 Зміст та порядок виконання роботи

1 Вивчити конструкцію універсального динамометра УДМ-600 для вимірювання складових сили різання при механічній обробці., скласти ескіз конструкції та опис принципу роботи динамометра.

2 Провести тарування динамометра, за результатами тарування побудувати тарувальні графіки.

3 За нормативами призначити режими різання при свердленні, розрахувати осьову силу та крутний момент, що відповідають призначеним режимам різання.

4 Визначити осьову силу та крутний момент при свердленні на призначених режимах різання в залежності від величини зносу інструменту. Результати експериментів систематизувати у таблиці.

5 Порівняти отримані експериментальні значення осьової сили та крутного моменту з розрахунковими.

6 Встановити величину граничного значення зносу інструменту в залежності від збільшення осьової сили різання та крутного моменту при свердленні.

2.5 Зміст звіту

- 1 Тема роботи
- 2 Мета роботи.
- 3 Обладнання, прилади, інструменти, матеріали.
- 4 Ескіз конструкції універсального динамометра УДМ-600 для вимірювання складових сили різання при механічній обробці.
- 5 Схеми навантаження динамометра при таруванні.
- 6 Тарувальні графіки та їхні рівняння.
- 7 Хід та результати розрахунку осьової сили різання та крутного моменту для нормативних режимів різання при свердленні.
- 8 Експериментальні дані вимірювань осьової сили різання та крутного моменту при свердленні на нормативних режимах різання.
- 9 Висновки.

2.6 Контрольні питання

- 1 Опишіть конструкцію та принцип роботи універсального динамометра УДМ-600 для вимірювання складових сили різання при механічній обробці.
- 2 Опишіть принцип тарування універсального динамометра УДМ-600.
- 3 Опишіть послідовність вимірювання складових сили різання за допомогою універсального динамометра УДМ-600.
- 4 Чим пояснюється розходження між розрахунковими та експериментально встановленими значеннями осьової сили при свердленні?

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Грабченко, А. І. Методи наукових досліджень : Навч. посібник / А. І. Грабченко, В. О. Федорович, Я. М. Гаращенко. – Х. : НТУ «ХП», 2009. – 142 с.
- 2 Чкалова, О. Н. Основы научных исследований / О. Н. Чкалова. – Киев, издательское объединение «Вища школа». Головное изд-во, 1978. – 120 с.
- 3 Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов / В. И. Крутов, И. М. Грушко, В. В. Попов и др.; Под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М. : Высш. шк., 1989. – 400 с.
- 4 Тулупов, В. І. Навчальний посібник з дисципліни «Основы технічної творчості та наукових досліджень» для студентів спеціальності 7.090202 «Технологія машинобудування» / В. І. Тулупов. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 140 с.