

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра “Будівельні, колійні та  
вантажно-розвантажувальні машини”**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ  
ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до лабораторних робіт  
з дисципліни**

***"ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН  
ТА ЕКОНОМІЇ НАФТОПРОДУКТІВ"***

**Харків 2011**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини 12 жовтня 2009 р., протокол № 2.

Показано значення триботехнічних випробувань мастильних матеріалів. Наведено загальну конструкцію машини тертя СМЦ-2 та методику визначення протизношувальних властивостей оливи на названій машині тертя за різними схемами контакту зразків. Подано технологію проведення вимірювальних робіт за допомогою лабораторних терезів високого класу точності.

Володіння інформацією, наведеною у даних методичних вказівках, і отримані при проведенні роботи навички допоможуть майбутньому спеціалісту професійно орієнтуватися у триботехнічних властивостях мастильних матеріалів і грамотно підбирати їх для відповідних вузлів тертя машин.

Методичні вказівки призначені для студентів-магістрів спеціальності 8.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні, машини і обладнання", що вивчають курс "Засоби підвищення надійності машин та економії нафтопродуктів", усіх форм навчання.

Укладачі:

доц. А.М. Кравець,  
старш. викл. В.Г. Кравець,  
асист. Г.М. Афанасов

Рецензент

доц. А.В. Євтушенко

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ  
ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт  
з дисципліни

*"ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН  
ТА ЕКОНОМІЇ НАФТОПРОДУКТІВ"*

Відповідальний за випуск Кравець А.М.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 04.12.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,75. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту  
61050, Харків - 50, майдан Фейєрбаха, 7  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра "Будівельні колійні та вантажно-  
розвантажувальні машини"**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА  
ДОПОМОГОЮ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до лабораторних робіт  
з дисципліни**

***"ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН  
ТА ЕКОНОМІЇ НАФТОПРОДУКТІВ"***

**Харків 2010**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини" 12 жовтня 2009 р., протокол № 2.

Показано значення триботехнічних випробувань змащуючих матеріалів. Наведено загальну конструкцію машини тертя СМЦ-2. Наведено методику визначення протизношувальних властивостей олив на названій машині тертя за різними схемами контакту зразків. Подано технологію проведення вимірювальних робіт за допомогою лабораторних терезів високого класу точності.

Володіння інформацією наведеною у даних методичних вказівках і отримані при проведенні роботи навички допоможуть майбутньому спеціалісту професійно орієнтуватися у триботехнічних властивостях змащуючих матеріалів і грамотно підбирати їх для відповідних вузлів тертя машин.

Методичні вказівки призначені для студентів-магістрів спеціальності 8.090214 - "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні, машини і обладнання", що вивчають курс "Засоби підвищення надійності машин та економії нафтопродуктів", усіх форм навчання.

Укладач

доц. А.М. Кравець  
ст. викл. В.Г. Кравець  
ас. Г.М. Афанасов

Рецензент

доц. А.В. Євтушенко

## ВСТУП

У процесі експлуатації поверхні вузлів тертя машин тією чи іншою мірою піддаються зношуванню. Згідно з ГОСТ 27674-88 ("Трение изнашивание и смазка. Термины и определения") під *зношуванням* розуміють процес відділення матеріалу з поверхні твердого тіла при терті і (або) накопичення його залишкової деформації при терті, що виявляється у поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла. Для захисту поверхонь тертя від зношування у більшості випадків застосовуються різноманітні мастильні матеріали. Для ефективного захисту поверхонь тертя машин від зношування мастильні матеріали повинні мати певні властивості, які отримали назву *протизношувальні*. Для оцінювання цих властивостей проводять триботехнічні випробування мастильних матеріалів.

Триботехнічні випробування мастильних матеріалів включають оцінку їх протизношувальних, протизадирних і антифрикційних властивостей на лабораторних приладах або установках з випробувальними зразками простої геометричної форми (площини, циліндри, сфери), на імітуючих машинах із зразками у вигляді серійних деталей машин і безпосередньо в реальних вузлах машин та механізмів в умовах експлуатації.

Випробування в умовах експлуатації та стендові випробування є досить тривалими і дорогими. Вони застосовуються або в особливих випадках (комплексне випробування моторних олів, дослідження властивостей мастил для зубчастих коліс та ін.), або при остаточній перевірці властивостей мастильних матеріалів, відібраних у результаті серії попередніх випробувань.

На відміну від експлуатаційних та стендових випробування на машинах тертя не потребують значних витрат часу, дозволяють у широкому діапазоні змінювати умови роботи поверхонь тертя, а також виділяти основний параметр, що впливає на трибологічні характеристики мастильних матеріалів. Лабораторні випробування матеріалів – це випробування, що проводяться у строго контрольованих умовах при повній і точній реєстрації досліджуваних величин.

Вихідні параметри трибологічних випробувань – це знос тіл тертя, момент (коефіцієнт) тертя, температура в контакті, шлях і час тертя. Зазвичай оцінюють лінійний, об'ємний і ваговий знос або безрозмірну інтенсивність лінійного зносу, рідше – діаметр плями контакту. Знос може реєструватися безперервно або після закінчення випробувань. Також можуть визначатися критичні параметри роботи зразків тертя. Так можуть бути визначені навантаження, при яких спостерігається заїдання чи задирка на поверхнях тертя або досягається задана величина сили тертя чи температури. Може бути визначена критична температура, яка характеризує руйнування граничних мастильних шарів.

Для проведення лабораторних випробувань розроблено і випускається промисловістю багато машин тертя, які реалізують різноманітні схеми контакту досліджуваних зразків. Контакт поверхонь тертя *по площині* (вал та циліндричний підшипник, а також вал і підшипник у вигляді окремих сегментів циліндра) імітує повний або частковий підшипник ковзання та плоскі поверхні, що ковзають одна по одній. *Лінійний* контакт поверхонь (циліндр і площина або два циліндри по твірній) імітує роботу зубчастих коліс та роликів підшипників. *Точковий* контакт (утворюється при контакті двох сфер, кулі і площини, конуса і циліндрів із взаємно перпендикулярними осями) імітує роботу підшипників кочення.

Однією з машин є машина СМЦ-2, яка розглядається у даній лабораторній роботі. Машина СМЦ-2 призначена для дослідження антифрикційних матеріалів при терті ковзання, кочення і кочення з прослизанням за трьома кінематичними схемами: колодка-ролик (вал із частковим вкладишем), ролик-ролик (контакт циліндрів по твірних) і вал-втулка. При дослідженні мастильного матеріалу його протизношувальні властивості визначаються шляхом зважування (рідше обмірювання) зразків, за зміною моменту тертя у процесі випробувань і за зміною температури мастильного матеріалу.

Наведені в даних методичних вказівках лабораторні роботи призначені для оволодіння студентом методикою визначення протизношувальних властивостей рідких мастильних матеріалів (олив, дизельного палива) за допомогою машини тертя СМЦ-2 з

використанням різних схем контакту зразків. Оскільки лабораторна робота базується на самостійній роботі студента з лабораторним обладнанням та устаткуванням, то до її виконання студент допускається тільки після ретельної підготовки, яка полягає у самостійному вивченні теоретичного матеріалу, програми та методики її виконання.

Студент може захищати лабораторну роботу, якщо він виконав її у зазначеному обсязі, про що є відмітка у журналі лабораторних робіт, склав звіт з додержанням вимог, наведених у цих методичних вказівках, та підготував відповіді на контрольні питання.

## **Лабораторна робота 1**

### **ВИПРОБУВАННЯ ЗА СХЕМОЮ "РОЛИК-КОЛОДКА"**

#### **Мета роботи**

1 Закріплення знань за темою "Методи та засоби випробувань на тертя і зношування".

2 Ознайомлення з конструкцією машини тертя СМЦ-2 та особливостями проведення трибологічних випробувань на ній.

3 Набуття практичних навичок з визначення протизношувальних властивостей олив на машині тертя СМЦ-2 із використанням схеми контакту досліджуваних зразків «ролик-колодка».

#### **Завдання**

1 Підготувати зразки колодок і роликів до випробувань.

2 Підготувати машину тертя СМЦ-2 до проведення випробувань за схемою «ролик-колодка».

3 Провести випробування на машині тертя.

4 Оцінити протизношувальні властивості досліджуваної оливи за втратою маси зразків тертя.

5 Провести математичну обробку отриманих результатів.

6 Скласти звіт з роботи.

## Домашнє завдання

- 1 Детально ознайомитись із теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, наведеним у методичних вказівках.
- 2 Ознайомитись із змістом і порядком виконання роботи.
- 3 Вивчити програму та методику проведення триботехнічних випробувань на машині тертя СМЦ-2 за схемою «ролик-колодка».
- 4 Відповісти на контрольні питання.

## Теоретичні положення

### *Конструкція машини тертя СМЦ-2*

Машина тертя СМЦ-2 призначена для досліджування протизношувальних властивостей мастильних матеріалів. Вона дозволяє проводити випробування за трьома схемами контакту пар тертя: ролик-ролик (рисунок 1.1, а), ролик-колодка (рисунок 1.1, б) та вал-втулка (рисунок 1.1, в).

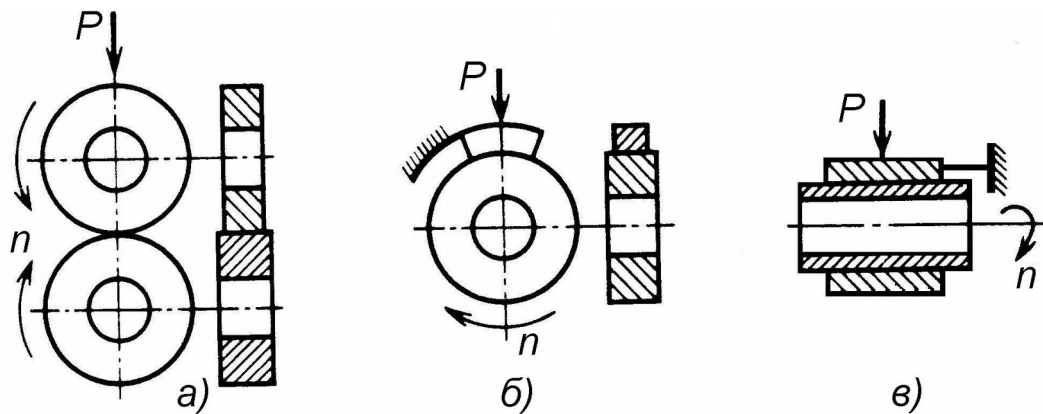
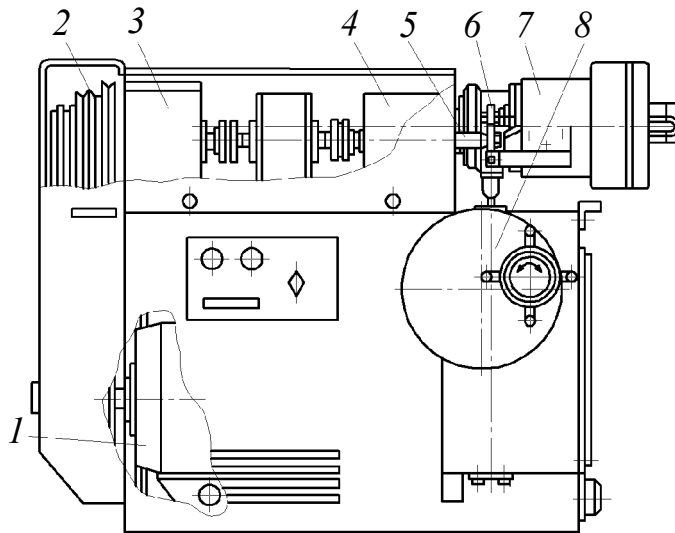


Рисунок 1.1 – Схеми випробувань на машині тертя СМЦ-2

Конструктивно машина тертя СМЦ-2 складається із двох частин: механічної частини та електронного блоку керування. Схематично загальний вигляд машини наведено на рисунку 1.2.





1 – електродвигун; 2 – клинопасова передача; 3 – редуктор;  
 4 – передня бабка; 5 – вал приводу ролика; 6 – контртіло;  
 7 – зубчаста передача; 8 – механізм навантаження

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд машини тертя СМЦ-2

*Технічна характеристика машини СМЦ-2*

Частота обертання нижнього зразка, хв <sup>-1</sup>	300; 500; 1000
Момент тертя, Н·м	1,5÷15
Навантаження на зразки, Н:	
дисківі і типу диск-колодка	100÷2000
типу вал-втулка	200÷5000
Коефіцієнт прослизання дисківих зразків, %	10; 15; 20
Розміри зразків, мм:	
дисківих:	
діаметр	35÷50
ширина верхнього	10
ширина нижнього	12
типу вал-втулка:	
діаметр вала	24÷40
ширина втулки	10÷25
типу диск-колодка:	
діаметр диска	50
ширина диска	12
ширина колодки	10

Габаритні розміри, мм:

машини

1100×685×780

електрошафи

450×610×500

Маса, кг:

машини

490

електрошафи

48,6

Напруга мережі змінного струму, В

220

Принцип дії машини полягає у такому. Привод машини здійснюється від електричного двигуна 1 (рисунок 1.3) через клинопасову передачу 2 і редуктор 3, який має два вихідних вали, що обертаються із рівними кутовими швидкостями. Один із вихідних валів редуктора передає обертання через муфту 4 на зубчасту передачу 5, яка розташована у передній бабці машини. На кінці другого вала редуктора встановлюється зразок 6, а контртіло 7 встановлюється на вихідний вал зубчастої передачі 5. Досліджуваний зразок частково занурюється у ванночку 8, де міститься мастильна або охолоджувальна рідина. Момент тертя реєструється індукційним датчиком 9 за скручуванням торсіонного вала. Навантаження на контртіло створюється гвинтовим механізмом навантажувального пристрою 10. До електронного блоку керування відносяться кнопки «Пуск» 11 та «Стоп» 12, електричний лічильник кількості циклів 13 та електронний самописний потенціометр 14.

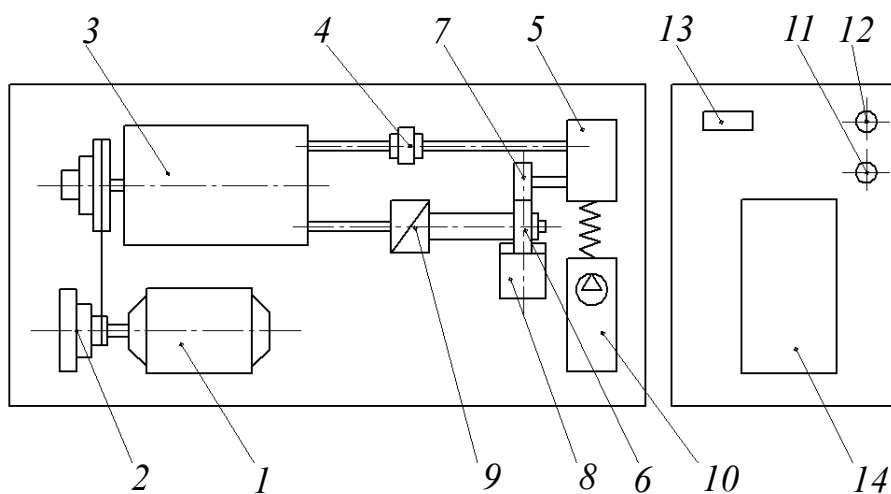


Рисунок 1.3 – Кінематична схема машини СМЦ-2

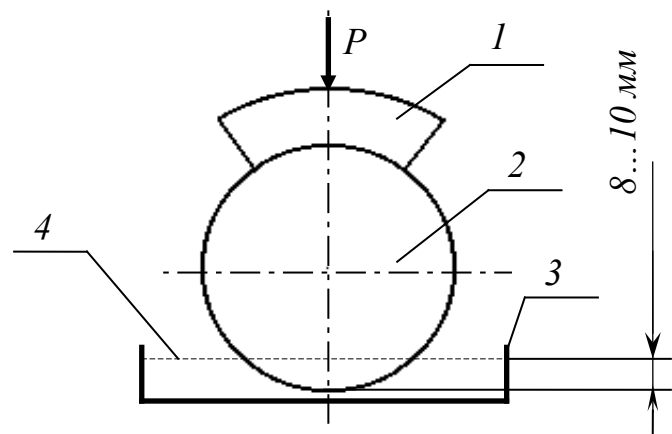
Встановленням ременів передачі 2 на той чи інший шків можна вибрати частоту обертання основного зразка:  $5 \text{ с}^{-1}$ ,  $8,3 \text{ с}^{-1}$  або  $16,6 \text{ с}^{-1}$ . Контактний тиск у парі тертя забезпечується зусиллям, створюваним механізмом навантаження 10 в інтервалі  $0 \div 5 \text{ кН}$ .

Для проведення досліджень використовують ролики і колодки, виготовлені за рекомендаціями, наведеними у додатку А. Матеріали, з яких виготовляються ці елементи, підбираються відповідно матеріалам, які застосовуються у вузлах, де працює досліджуваний мастильний матеріал.

### ***Проведення випробувань за схемою «ролик-колодка»***

Схема випробування «ролик-колодка» (рисунок 1.4) забезпечує контакт зразків поверхнями та імітує умови роботи нижчих кінематичних пар (підшипники ковзання при напіврідкому змащенні, різноманітні напрямні тощо).

Для проведення випробувань за вказаною схемою контакту необхідно забезпечити певну послідовність роботи елементів машини СМЦ-2. Контртіло при цій схемі повинне бути нерухомим, що досягається від'єднанням муфти 4 (рисунок 1.3) і фіксацією зубчастої передачі 5.



1 – колодка; 2 – ролик; 3 – кювета з оливою; 4 – рівень оливи

Рисунок 1.4 – Схема випробувань

Частоту обертання ролика, яка змінюється через передаточне число передачі 2, вибирають залежно від мастильних властивостей досліджуваного матеріалу: чим гірше мастильні властивості, тим легше має бути режим роботи зразків.

До початку проведення випробувань призначають їх програму, тобто встановлюють алгоритм зміни навантаження на контртіло, час роботи машини на кожному навантаженні, повторюваність випробувань і загальний час їх проведення, а також визначають проміжні параметри стану об'єктів випробування, які мають фіксуватися протягом дослідження.

Навантаження на контртіло 7 змінюють поступово. Як правило, дають певний час на припрацювання поверхонь дослідних зразків, коли вони працюють з нульовим, а потім із мінімальним навантаженням. Час припрацювання залежить від багатьох факторів (характеристика мастильного матеріалу і матеріалів, з яких виготовлені зразки, частота обертання головного зразка та ін.) і підбирається у кожному випадку окремо або прораховується при плануванні досліду шляхом моделювання реальних процесів тертя. Також індивідуально для кожного досліду підбирають такі режими навантаження: максимальне навантаження та час роботи на кожному режимі. Загальний час проведення досліджень, як правило, знаходиться у межах 6÷8 годин, але в окремих випадках може змінюватись у більший чи менший бік.

Процес зміни навантажень, при яких буде проводитися припрацювання випробувальних зразків, бажано розділити на 3÷4 етапи із поступовим доведенням до максимального навантаження, при якому буде проводитися дослід. Час роботи на кожному проміжному навантаженні має бути в межах від 15 хв до 1 год. Час випробувань на повному навантаженні має бути не менше ніж половина загального часу випробувань.

При проведенні досліджень бажано постійно слідкувати за температурою мастильного матеріалу (фіксувати її кожні 15÷20 хв). Різка підвищення температури є ознакою недостатніх мастильних властивостей досліджуваного матеріалу. Якщо температура за короткий час не знизиться або почнеться відчутне випаровування мастильного матеріалу, дослід слід припинити і внести корективи у програму випробувань.

Зношення зразків встановлюється шляхом їх зважування на точних аналітичних терезах за методикою, наведеною у додатку Б. Рідше застосовується визначення геометричних параметрів зразків шляхом обмірювання.

Кількість дослідів з визначення протизношувальних властивостей одного мастильного матеріалу підбирають залежно від потрібної точності експерименту. Як правило, для отримання достовірних даних при подібних дослідженнях достатньо чотирикратного повторення дослідів. Після отримання декількох результатів одного експерименту проводиться їх математична обробка (додаток В).

## **Програма та методика досліджень**

### **Обладнання:**

- машина СМЦ-2;
- терези лабораторні ВЛР-200г із важками;
- ролики і колодки (додаток А);
- нефрас-С50/170 ГОСТ 8505 або інший знежирювач;
- чашка фарфорова №5 за ГОСТ 9147;
- щітка для миття зразків;
- папір фільтрувальний за ГОСТ 12026.

### **Порядок виконання роботи:**

1 Ролик і колодку, виготовлені за рекомендаціями, наведеними у додатку А, за допомогою знежирювача «Нефрас-С50/170» і щітки очистити у фарфоровій чашці від жиру і залишків матеріалу після виготовлення. Очищені зразки не витирати, а покласти на фільтрувальний папір для повного висихання.

2 Зважити очищені зразки на аналітичних вагах за методикою, наведеною у додатку Б. До отримання результатів зважування бажано зразків руками не торкатися, а працювати за допомогою пінцета. Результати зважування занести до журналу випробувань.

3 Детально зафіксувати у журналі випробувань час проведення досліду і характеристики навколишнього середовища (атмосферний тиск, температуру повітря тощо).

4 Підготувати до випробувань машину тертя СМЦ-2. Поставити паси передачі на потрібне передаточне число. Роз'єднати муфту 4 (рисунок 1.3). Увімкнути головну вилку у мережу. На холостому ході увімкнути машину і перевірити її роботу. При цьому вал машини, на якому встановлюється головний зразок, має рівномірно обертатися, а вихідний вал зубчастої передачі 5 повинен бути нерухомим. Стрілка потенціометра має через  $5 \div 10$  с після увімкнення машини встановитися на нулі. Якщо стрілка потенціометра не встановилась на нулі, провести регулювання за допомогою спеціального гвинта. Після регулювання машину вимкнути кнопкою «Стоп» і від'єднати вилку від мережі.

5 Встановити головний зразок (ролик) на вал і зафіксувати його за допомогою гайки. Налити у ванночку для мастильного матеріалу досліджувану оливу. Прослідкувати, щоб головний зразок був занурений в оливу на  $8 \div 10$  мм.

Встановити зверху на головний зразок контртіло (колодку) і придавити його передньою бабкою машини. Проконтролювати точність потрапляння фіксуючої кульки на вихідному валу зубчастої передачі у виточку зверху колодки.

Встановити на важіль передньої бабки гвинтовий механізм навантажувального пристрою 10. Довести показання динамометра цього пристрою до значення нуль.

Перевірити температуру оливи у ванночці машини і зафіксувати її у журналі досліджень.

6 Під'єднати вилку машини до електромережі. Увімкнути машину кнопкою «Пуск». У разі плавного пуску машини і нормальної її подальшої роботи дослід можна вважати таким, що розпочався. Зафіксувати у журналі досліджень час пуску і навантаження.

7 Провести випробування за обраною програмою. Поступово змінювати навантаження на контртіло за допомогою гвинтового механізму навантажувального пристрою 10 машини. Строго дотримуватись обраної тривалості випробувань на кожному режимі навантаження.

Фіксувати в журналі досліджень час зміни навантаження і його величину, а також постійно температуру мастильного матеріалу.

8 Після завершення програми випробувань поступово знизити навантаження на контртіло, доводячи показання динамометра навантажувального пристрою 10 машини до нуля.

Вимкнути машину натисканням на кнопку «Стоп». Від'єднати головну вилку машини від електромережі.

Дати зразкам охолонути протягом  $15 \div 20$  хв.

9 Притримуючи колодку, обережно підняти передню бабку машини. Зняти колодку і покласти її на фільтрувальний папір. Відгвинтити гайку, що фіксує ролик, і зняти його, поклавши на фільтрувальний папір. Дочекатися поки залишки оливи стечуть із зразків і вберуться у папір.

10 Покласти колодку і ролик у фарфорову чашку та залити знежирювачем «Нефрас-С50/170». За допомогою щітки і знежирювача очистити зразки від залишків оливи. Покласти зразки на фільтрувальний папір для висихання.

Провести зважування зразків за правилами, наведеними у додатку Б.

Розрахувати швидкість зношування зразків  $\varrho_3$  за формулою, мг/год,

$$\varrho_3 = \frac{Z_3}{t_B},$$

де  $Z_3$  - зношення зразка, мг;

$t_B$  - загальний час випробувань, год.

11 Повторити дослідження у повному обсязі із кількістю повторень, призначених попередньо обраною програмою.

Після закінчення повного циклу випробувань провести математичну обробку результатів за методикою, наведеною у додатку В.

12 Занести всі дані до звіту з лабораторної роботи.

### **Зміст звіту**

Звіт з лабораторної роботи повинен містити таку інформацію:

- назва, мета та завдання роботи;
- основні теоретичні відомості за темою роботи;
- перелік обладнання для проведення досліджень;
- стисле викладення порядку проведення досліду;
- схематичне зображення контакту досліджуваних зразків;
- результати проведених дослідів, які частково можуть бути оформлені у вигляді таблиці (таблиця 1.1), а частково у вигляді розрахунків і текстового опису;
- висновки з роботи.

Таблиця 1.1 – Результати дослідження протизношувальних властивостей рідких мастильних матеріалів на машині тертя СМЦ-2

Параметр	Значення
Марка мастильного матеріалу	
Матеріал колодки	
Матеріал ролика	
Частота обертання ролика, хв <sup>-1</sup>	
Вага ролика до випробувань, г	
Вага ролика після випробувань, г	
Знос ролика, г	
Вага колодки до випробувань, г	
Вага колодки після випробувань, г	
Знос колодки, г	
Сумарне зношення зразків, г	
Швидкість зношення ролика, мг/год	
Швидкість зношення колодки, мг/год	
Сумарна швидкість зношення зразків, мг/год	

### Контрольні питання

1 У чому полягають триботехнічні випробування мастильних матеріалів?

2 За якими схемами контакту зразків може працювати машина тертя СМЦ-2?

3 Як збудована машина тертя СМЦ-2 (рисунок 1.2)?

4 Як працює машина тертя СМЦ-2 (рисунок 1.3)?

5 Які визначальні параметри при підборі програми випробувань на машині тертя СМЦ-2?

6 З якої причини навантаження на контртіло не встановлюють одразу на максимальний рівень?

7 Роботу яких кінематичних пар імітує схема випробувань «ролик-колодка»?

8 Які параметри фіксуються при проведенні триботехнічних випробувань на машині тертя СМЦ-2?

9 Для чого пари тертя перед зважуванням на терезах ВЛР-200Г обробляють рідиною «Нефрас-С50/170»?

10 Яким механізмом створюється навантаження на контртіло у машині тертя СМЦ-2?

### Лабораторна робота 2



## **ВИПРОБУВАННЯ ЗА СХЕМОЮ "РОЛИК-РОЛИК"**

### **Мета роботи**

1 Закріплення знань за темою «Методи та засоби випробувань на тертя і зношування».

2 Ознайомлення з конструкцією машини тертя СМЦ-2 а особливостями проведення трибологічних випробувань на ній.

3 Набуття практичних навичок з визначення протизношувальних властивостей олив на машині тертя СМЦ-2 із використанням схеми контакту досліджуваних зразків «ролик-ролик».

### **Завдання**

1 Підготувати зразки роликів до випробувань.

2 Підготувати машину тертя СМЦ-2 до проведення випробувань за схемою «ролик-ролик».

3 Провести випробування на машині тертя.

4 Оцінити протизношувальні властивості досліджуваної оливи за втратою маси роликів у процесі випробувань.

5 Провести математичну обробку отриманих результатів.

6 Скласти звіт з роботи.

### **Домашнє завдання**

1 Детально ознайомитись із теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, наведеним у методичних вказівках.

2 Ознайомитися із змістом і порядком виконання роботи.

3 Вивчити програму та методику проведення триботехнічних випробувань на машині тертя СМЦ-2 за схемою «ролик-ролик».

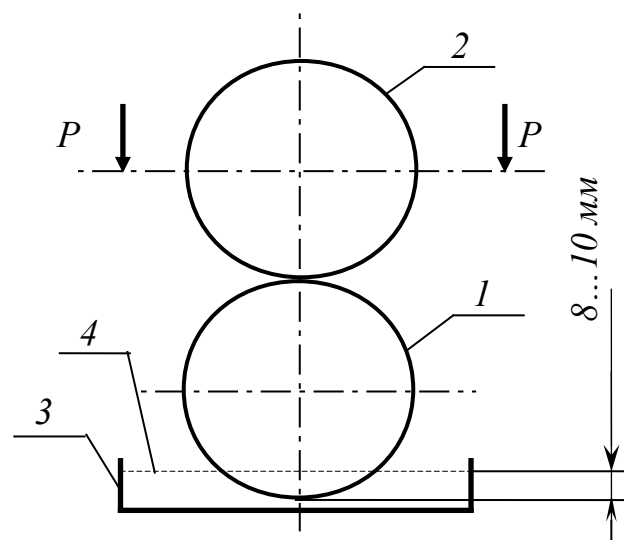
4 Відповісти на контрольні питання.

### **Теоретичні положення**

#### ***Проведення випробувань за схемою «ролик-ролик»***

Схема випробування «ролик-ролик» (рисунок 2.1) імітує умови роботи вищих кінематичних пар, тобто деталей машин, в яких складові контактують по лінії або у точці. Прикладом контакту кінематичної пари по лінії можуть служити зубчасті зачеплення механічних передач, контакт ролика із кільцем у підшипнику кочення та ін.

Для проведення випробувань за схемою контакту «ролик-ролик» необхідно забезпечити певну послідовність роботи елементів машини СМЦ-2. Контртіло (верхній ролик) при цій схемі повинне бути рухомим. Досягається така кінематика механічним замиканням муфти 4 (рисунок 1.3) і розблокуванням зубчастої передачі 5. У такому випадку обертання буде передаватися від вала редуктора 3 до зубчастої передачі 5 і на контртіло. Таким чином, при контакті



1 – основний ролик; 2 – ролик-контртіло; 3 – кювета з оливою;

4 – рівень оливи

Рисунок 2.1 – Схема випробувань

зразків буде мати місце *тертя кочення* – це тертя, при якому швидкості тіл, що торкаються, однакові за значенням та напрямком принаймні в одній точці зони контакту. Основним витком зношування при такому контакті є утомне викришування (пітінг).

Також на машині тертя СМЦ-2 можна реалізувати контакт двох роликів у режимі кочення із проковзуванням. Для цього машина комплектується змінними шестірнями для зубчастої передачі 5. Встановленням у корпус передньої бабки машини відповідного комплекту шестерень можна встановити ступінь проковзування 10, 15 або 20%. При такій схемі випробувань реалізуються механізми зношування, характерні як для тертя ковзання (абразивне зношування), так і для тертя кочення (утомне викришування).

При випробуванні за схемою «ролик-ролик» навантаження на контртіло передається за допомогою механізму 10 (рисунок 1.3), але діє воно не на верхню грань зразка, як у випадку із колодкою, а по осьовій лінії, через вал, на якому контртіло кріпиться.

Зразки роликів для виконання випробувань за вказаною схемою виготовляються за правилами, аналогічними тим, що вказані у додатку А, із урахуванням деяких особливостей: діаметр обох роликів має бути однаковим і може варіюватися у межах 35÷50 мм; ширина верхнього ролика 10 мм, а ширина нижнього – 12 мм.

Інші рекомендації з підготовки і проведення випробувань (призначення програми, вибір режиму припрацювання роликів, визначення зношування зразків, обробка результатів дослідження) такі ж, які були дані у першій лабораторній роботі для схеми випробування «ролик-колодка»

## **Програма та методика досліджень**

### **Обладнання:**

- машина СМЦ-2;
- терези лабораторні ВЛР-200г із важками;
- ролики двох видів;
- нефрас-С50/170 ГОСТ 8505, або інший знежирювач;
- чашка фарфорова №5 за ГОСТ 9147;
- щітка для миття зразків;
- папір фільтрувальний за ГОСТ 12026.

### **Порядок виконання роботи**

Порядок проведення випробувань за схемою «ролик-ролик» майже повністю аналогічний порядку випробування за схемою «ролик-колодка», наведеному у першій лабораторній роботі. Тому при викладенні методики будуть застосовуватися посилання на методику, викладену у пункті «Порядок проведення роботи» першої лабораторної роботи.

1 Сформулювати потрібну програму випробувань. Визначити час припрацювання зразків, режими навантажування, коефіцієнт проковзування (у разі потреби), загальний час випробувань та ін.

2 Підготувати елементи пари тертя та машину СМЦ-2 до випробувань, виконавши пункти 1-3 методики, наведеної у першій лабораторній роботі.

3 Підготувати до випробувань машину тертя СМЦ-2. Встановити потрібне передаточне число пасової передачі 3 (рисунок 1.3). З'єднати муфту 4. Розблокувати зубчасту передачу 5 і встановити потрібний комплект шестерень для проведення випробувань без проковзування або із призначеним коефіцієнтом проковзування.

Увімкнути головну вилку у мережу. На холостому ході увімкнути машину і перевірити її роботу. При цьому вали машини, на яких встановлюються досліджувані зразки, мають

рівномірно обертатися. Далі виконати інструкції із пункту 4 першої лабораторної роботи.

4 Встановити широкий ролик на вал редуктора 3 (рисунок 1.3), а вузький ролик – на вихідний вал зубчастої передачі 5 і зафіксувати їх за допомогою гайок. Налити у ванночку для мастильного матеріалу досліджувану оливу. Прослідкувати, щоб нижній ролик був занурений в оливу на  $8 \div 10$  мм.

Опустити бабку машини і прослідкувати, щоб верхній ролик розташовувався повністю на нижньому, не виступаючи за його межі. Встановити гвинтовий механізм навантажувального пристрою 10 у робоче положення і довести показання динамометра до нуля.

Перевірити температуру оливи у ванночці машини і зафіксувати її у журналі досліджень.

5 Провести випробування у послідовності, наведеній у пунктах 6-8 першої лабораторної роботи.

6 Зняти рейковий механізм навантажувального пристрою із важеля передньої бабки. Розгвинтити гайки, що фіксують ролики на їх валах. Зняти ролики із валів і покласти на фільтрувальний папір. Дочекайся поки залишки оливи стечуть із зразків і вберуться у папір.

7 Виконати операції, передбачені пунктами 10 і 11 першої лабораторної роботи.

8 Занести всі дані вимірювань і розрахунків до звіту з лабораторної роботи.

### **Зміст звіту**

Звіт з лабораторної роботи повинен містити таку інформацію:

- назва, мета та завдання роботи;
- основні теоретичні відомості за темою роботи;
- перелік обладнання для проведення досліджень;
- стисле викладення порядку проведення досліду;
- схематичне зображення контакту досліджуваних зразків;
- результати проведених досліджень, які частково можуть бути оформлені у вигляді таблиці (таблиця 2.1), а частково у вигляді розрахунків і текстового опису;
- висновки з роботи.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження протизношувальних властивостей рідких мастильних матеріалів на машині тертя СМЦ-2

Параметр	Значення
Марка досліджуваного мастильного матеріалу	
Матеріал головного ролика	
Матеріал ролика-контртіла	
Частота обертання головного ролика, $\text{хв}^{-1}$	
Частота обертання ролика-контртіла, $\text{хв}^{-1}$	
Коефіцієнт прослизання, %	
Вага головного ролика до випробувань, г	
Вага головного ролика після випробувань, г	
Знос головного ролика, г	
Вага ролика-контртіла до випробувань, г	
Вага ролика-контртіла після випробувань, г	
Знос ролика-контртіла, г	
Сумарне зношення обох роликів, г	
Швидкість зношення головного ролика, мг/год	
Швидкість зношення ролика-контртіла, мг/год	
Сумарна швидкість зношення зразків, мг/год	

### Контрольні питання

1 Які кінематичні пари імітує схема випробувань «ролик-ролик»?

2 Які особливості має кінематична схема машини тертя СМЦ-2 при випробуваннях за схемою «ролик-ролик»?

3 Що називається тертям кочення?

4 Як забезпечується проковзування роликів при випробуванні?

5 Як передається навантаження у зону контакту при випробуванні за схемою «ролик-ролик»?

6 Які особливості геометричних параметрів роликів, що застосовуються як пара тертя при випробуваннях на машині тертя СМЦ-2 за схемою «ролик-ролик»?

7 З якою точністю дозволяють зважувати зразки лабораторні терези ВЛР-200г?

8 Який порядок зважування досліджуваних зразків на лабораторних терезах ВЛР-200г?

9 В якому випадку і для чого проводиться математична обробка результатів досліджень?

10 В якому випадку різниця між результатами двох окремих досліджень вважається вагомою?

## Додаток А

### Виготовлення зразків для випробування на машині тертя СМЦ-2

Ролики виготовляються із круглої сталі за схемою, наведеною на рисунку А.1.

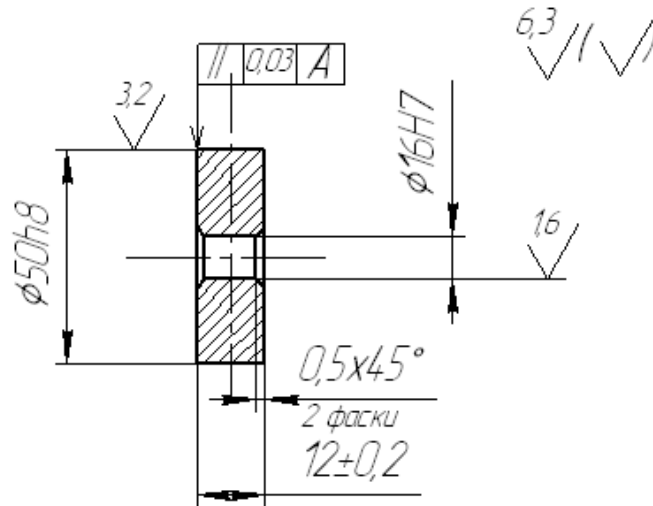
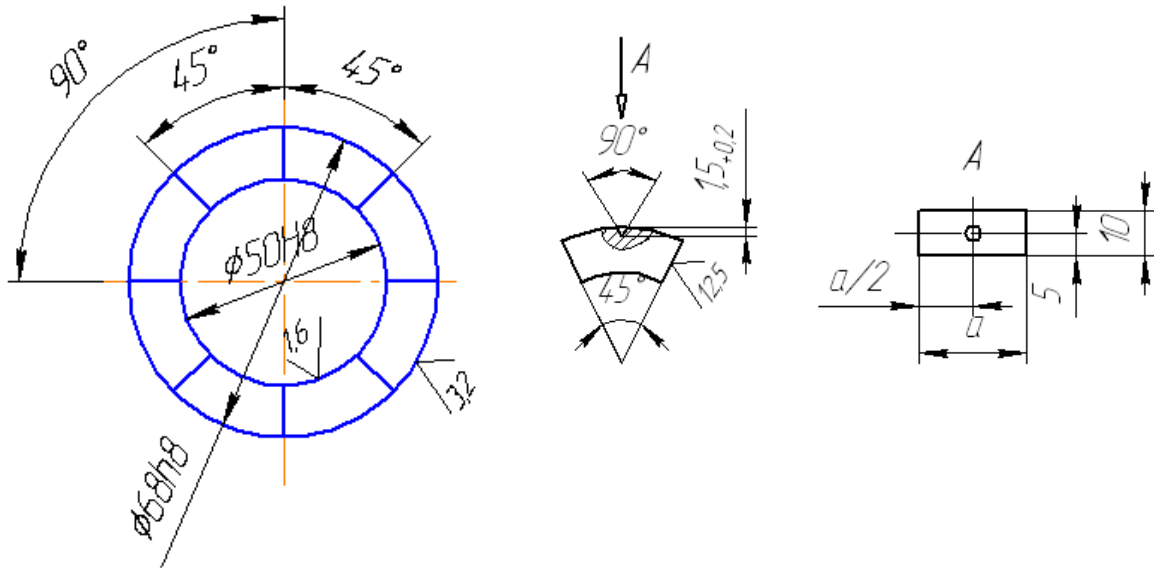


Рисунок А.1 – Схема виготовлення роликів

Для виготовлення колодок спочатку виточується кільце за схемою, наведеною на рисунку А.2, а потім воно розрізається на окремі сегменти під кутом  $45^\circ$  так, щоб довжина дуги по внутрішньому діаметру була однаковою у всіх восьми колодках із відхиленням  $\pm 0,2$  мм.



сунок А.2 – Схема виготовлення колодок

## Додаток Б

### Терези ВЛР-200 г

#### Технічний опис

Терези ВЛР-200г є лабораторними рівноплечими терезами 2 класу точності. Придатні вони до застосування у всіх макрокліматичних районах, у лабораторних приміщеннях, при температурі навколишнього повітря  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  і відносній вологості від 30 до 80%.

Призначені для точного зважування різних речовин при проведенні лабораторних аналізів практично у всіх галузях промисловості.

Принцип дії терезів заснований на урівноваженні моментів, створюваних вантажем, що вимірюється і вбудованими і накладними гирями. Великий діапазон шкали відліку і наявність ділильного пристрою дозволяють значно прискорити процес зважування і підвищити точність відліку.

Результат зважування визначається за шкалою відліку, накладними гирями, лічильникам гирьового механізму і ділильного пристрою.

#### Технічна характеристика терезів ВЛР-200г

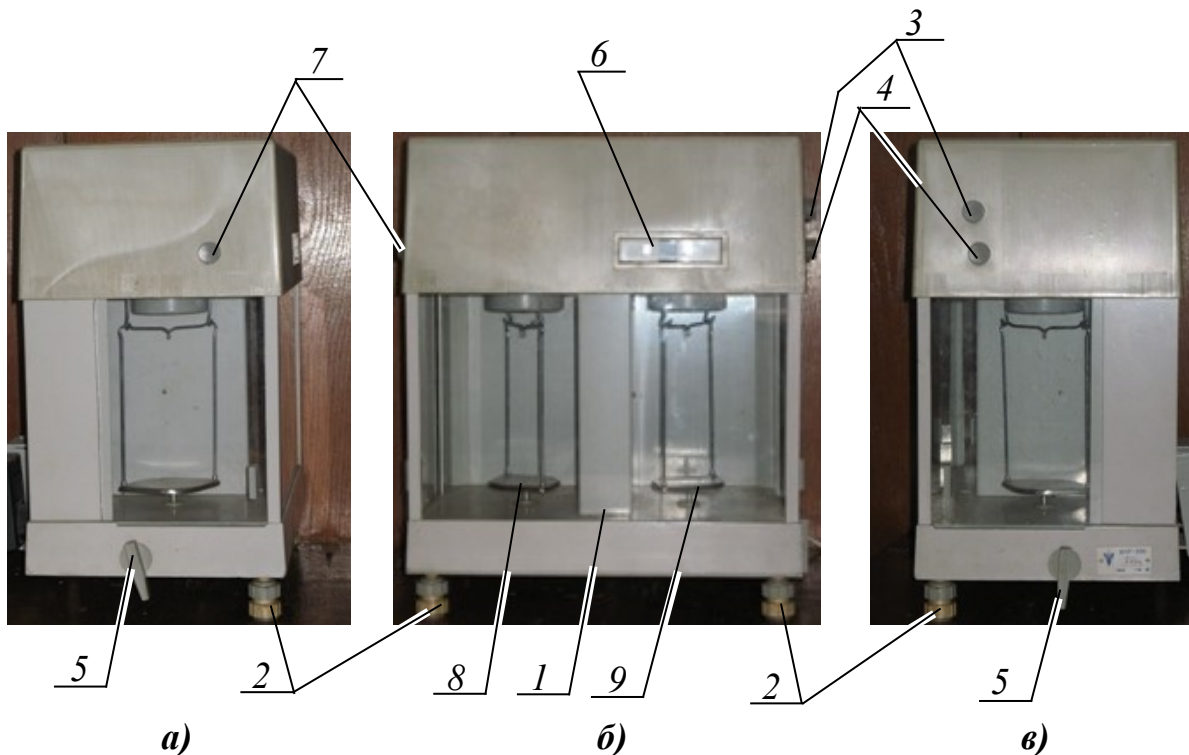
Найбільша межа зважування, г	210
Діапазон зважування за шкалою, мг	0÷100
Ціна ділення шкали, мг	1
Ціна ділення ділильного пристрою, мг	0,05
Середнє квадратичне відхилення показань, не більше, мг	0,05
Похибка зважування за шкалою, мг	±0,15
Час заспокоєння коливань коромисла, не більше, с	25
Діаметр чашки терезів, мм	70
Висота підвіски, мм	160
Живлення змінного струму (50±1 Гц)	220 В
Допустиме відхилення напруги живлення, %	(+10)÷(-15)
Споживана потужність, не більше, Вт	10
Габаритні розміри, не більше, мм	405×310×445



### Порядок вимірювань

1 Встановити терези на рівну горизонтальну стійку поверхню. Ваги бажано встановлювати в приміщенні, де виключається будь-який вплив на них (механічний, електромагнітний та ін.) з боку навколишнього середовища, приладів, а вплив персоналу лабораторії зведений до мінімуму.

2 Перевірити правильність встановлення терезів за водяним рівнем 1 (рисунок Б.1), який знаходиться всередині корпусу терезів. У разі неправильності встановлення вирівняти терези, обертаючи регулювальні колеса 2, які розташовані на опорах.



*a* – вигляд зліва; *б* – вигляд спереду; *в* – вигляд справа;  
 1 – водяний рівень; 2 – регулювальні колеса; 3, 4 та 7 – рукоятки регулювання показників вимірювальної шкали; 5 – рукоятка вмикання терезів; 6 – вимірювальна шкала; 8 та 9 – чаші терезів

Рисунок Б.1 – Будова терезів ВЛР-200г

3 Увімкнути електричну вилка блоку живлення у розетку напругою 220 В. Перевірити, щоб механічні шкали 1 і 2 (рисунок Б.2) показували нулі. У разі інших показань провести їх

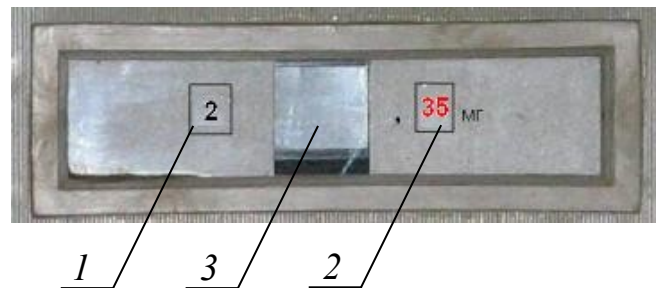
корегування до нуля рукоятками 3 та 4 (рисунок Б.1). Рукоятка 3 змінює показання шкали 1 (рисунок Б.2), а рукоятка 4 (рисунок Б.1) – шкали 2 (рисунок Б.2).

Скляні заслінки з обох боків терезів мають бути закриті.

4 Повернути до упору одну з рукояток вмикання терезів 5, які знаходяться з обох їх боків і діють спарено. Після цього має засвітитися середня частина вимірювальної шкали 6. Дочекатися поки показання електронної шкали 3 (рисунок Б.2) встановляться на певному рівні. При правильному налаштуванні ця шкала має висвітити показання «0».

У разі відмінності показників шкали 3 від нуля провести відповідні корегування за допомогою рукоятки 7 (рисунок Б.1).

Після встановлення електронної шкали на нулі терези вимкнути поворотом рукоятки 5.



1 та 3 – механічна шкала десятків, десятитисячних та сотисядчних часток грама; 2 – електронна шкала сотих та тисячних часток грама

Рисунок Б.2 – Вимірювальна шкала терезів ВЛР-200г

5 Орієнтовно оцінити за допомогою менш точних терезів або вимірювань і математичних обчислень масу деталі, яка підлягає зважуванню. Відкрити скляні заслінки з обох боків терезів. Покласти зважувану деталь на праву чашу терезів 8, а на ліву чашу 9 встановити кількість гирь, що відповідає орієнтовно визначеній масі деталі у грамах. Скляні заслінки закрити.

Гирі і деталь потрібно брати пінцетом чи іншим пристроєм, яке виключає їх забруднення і налипання сторонніх речовин, оскільки точність вимірювання дуже висока.

6 Після заспокоєння чаш терезів поворотом до упору рукоятки 5 ввімкнути їх. При цьому на підсвіченому

електронному табло 3 (рисунок Б.2) може з'явитися або не з'явитися чітка шкала із цифровими позначками. Якщо шкала не з'явилася, то поворотом рукоятки 3 (рисунок Б.1) потрібно добитися її появи. Поворот рукоятки 3 змінює показання шкали 1 (рисунок Б.2) покроково від 1 до 9 із замкнутим кільцевим обертанням. Після появи на табло 3 будь-яких числових показників корегування припинити. Значення, яке буде зафіксовано на шкалі 1 є складовою ваги зважуваної деталі у десятих частках грама.

7 Поворотом рукоятки 4 (рисунок Б.1) забезпечити встановлення показань електронної шкали 3 (рисунок Б.2) на будь-якому цілому значенні. Значення, яке буде зафіксовано на шкалі 3, – це і є складові ваги зважуваної деталі у сотих та тисячних частках грама.

Рукоятка 4 (рисунок Б.1) забезпечує також зміну показань шкали 2 (рисунок Б.2). Після встановлення точного значення на шкалі 3 вимірювання припиняються, а показання шкали 2 – це складові значення ваги вимірюваної деталі у десяти- та стотисячних частках грама. Шкала 2 змінює показання плавно в межах від 00 до 95 і не допускає замкнутого обертання по колу. Показання цієї шкали змінюються із кроком 05.

8 Записати значення ваги деталі, склавши загальну масу гирь на лівій чаші терезів і показання всіх шкал.

9 Поворотом рукоятки 5 до упору вимкнути живлення терезів.

10 Відкрити скляні заслінки. Зняти з чаш терезів 8 і 9 зважувану деталь і гирі. Встановити поворотом рукояток 3 та 4 показання всіх шкал на нулі. Закрити скляні заслінки. Вимкнути електричну вилку блока живлення терезів із розетки.



## Додаток В

### Математична обробка результатів вимірювання

Для більшої достовірності результатів випробувань на машині тертя СМЦ-2 їх потрібно провести декілька разів, причому кожного разу на нових зразках та новому паливі. У більшості випадків кількість випробувань приймається рівною чотирьом, що дозволяє визначити зношення роликів і колодок з відносною похибкою не більше 0,25 за довірчої вірогідності 0,9. При цьому фактичне значення зносу  $\bar{X}$  обчислюється за формулою,  $\Gamma$  (мкм),

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n},$$

де  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – результати окремих вимірювань,  $\Gamma$  (мкм);  
 $n$  – кількість випробувань.

Середньоквадратичне відхилення окремих вимірювань  $\sigma_X$ , визначається з виразу,  $\Gamma$  (мкм),

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

Середньоквадратичне відхилення середнього  $\sigma_{\bar{X}}$  визначається як,  $\Gamma$  (мкм),

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}.$$

Кінцевий результат вимірювань, тобто зношення зразків  $X$  визначається за виразом,  $\Gamma$  (мкм),

$$X = \bar{X} \pm \Delta X,$$

де  $\Delta X$  – межі довірчого інтервалу, значення якого визначалося таким чином:

$$\Delta X = t_\alpha \cdot \sigma_{\bar{X}},$$

де  $t_\alpha$  – параметр розподілу Стюдента за довірчої імовірності  $\alpha$ .

Коефіцієнт варіації  $V$  визначається з виразу

$$V = \frac{\sigma_X}{\bar{X}}.$$

Відносна похибка результату  $\delta$  визначається як

$$\delta = \pm \frac{\Delta X}{\bar{X}}.$$

Вагомість різниці двох середніх значень оцінювалася за середньоквадратичними відхиленнями в кожній вибірці та за критерієм достовірності  $t_d$ , який визначається як

$$t_d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_{\bar{X}_1}^2 + \sigma_{\bar{X}_2}^2}}.$$

Різниця між  $X_1$  та  $X_2$  вважається вагомою, якщо  $t_d \geq t_\alpha$  за заданої довірчої імовірності.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

"Засоби підвищення надійності машин  
та економії нафтопродуктів"

Відповідальний за випуск Кравець А.М.

Редактор \_\_\_\_\_.

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_.

Формат паперу 60×84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. \_\_\_\_\_. Обл.-вид. арк. \_\_\_\_\_.

Замовлення № \_\_\_\_\_. Тираж 100. Ціна \_\_\_\_\_.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007 р.

Друкарня УкрДАЗТу,  
61050, Харків-50, пл. Фейєрбаха, 7