

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра „Будівельні колійні та  
вантажно-розвантажувальні машини”**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЧОТИРИКУЛЬКОВІЙ  
МАШИНІ ТЕРТЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до лабораторних робіт з дисципліни**

***“ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН  
ТА ЕКОНОМІЇ НАФТОПРОДУКТІВ”***

**Харків – 2011**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку

на засіданні кафедри "Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини" 11 листопада 2009 р., протокол № 3.

Наведена загальна конструкція чотирикулькової машини тертя ЧКМ-К1. Дана методика визначення протизношувальних та антифрикційних властивостей рідких та пластичних мастильних матеріалів за допомогою машини тертя, що працює за чотирикульковою схемою. Описано порядок визначення чотирьох основних трибологічних показників мастильних матеріалів і методику обробки результатів проведених вимірювань.

Інформація, наведена 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-магістрантів 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

Рецензент  
доц. А.В. Євтушенко

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЧОТИРИКУЛЬКОВІЙ МАШИНІ ТЕРТЯ

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 02.12.09 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 Фейербаха, 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 ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЧОТИРИКУЛЬКОВІЙ  
МАШИНІ ТЕРТЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до лабораторних робіт  
з дисципліни**

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

**Харків 2011**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини" 11 листопада 2009 р., протокол № 3.

Наведена загальна конструкція чотирикулькової машини тертя ЧКМ-К1. Дана методика визначення протизношувальних та антифрикційних властивостей рідких та пластичних мастильних матеріалів за допомогою машини тертя, що працює за чотирикульковою схемою. Описано порядок визначення чотирьох основних трибологічних показників мастильних матеріалів і методику обробки результатів проведених вимірювань.

Інформація, наведена 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-магістрантів 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

Рецензент

доц. А.В. Свтушенко

## ВСТУП

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 імітувальних машинах із зразками у вигляді серійних деталей машин і безпосередньо в реальних вузлах машин і механізмів в умовах експлуатації.

Проведення триботехнічних випробувань мастил та олив на машинах тертя є досить зручним методом з точки зору витрат часу, точності та спектра характеристик, що можна отримати під час досліджень. Найбільш розповсюдженою схемою роботи машин тертя є чотирикулькова. При такій схемі забезпечується точковий контакт однієї кульки, що обертається, одночасно із трьома нерухомими кульками. Це дозволяє провести випробування одразу на трьох зразках при абсолютно однакових умовах тертя. Точковий контакт імітує роботу вищих кінематичних пар, наприклад кулькових підшипників кочення, які досить широко застосовуються у машинобудуванні.

Випробування на машині тертя дозволяють встановлювати чотири трибологічні характеристики мастильного матеріалу. Визначаються і протизношувальні, і антизадирні, і антифрикційні властивості олив та мастил. Така універсальність привела до того, що розроблено досить багато різноманітних конструкцій машин тертя, які працюють за чотирикульковою схемою. У даних методичних вказівках описані особливості деяких чотирикулькових машин тертя, а також детально розглянута конструкція машини ЧКМ-К1 і методика проведення на ній триботехнічних випробувань.

Ця лабораторна робота призначена для оволодіння студентом методикою визначення трибологічних характеристик рідких і пластичних мастильних матеріалів на машині тертя, що працює за чотирикульковою схемою в лабораторних умовах. 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 в самостійному вивченні теоретичного матеріалу і програми та методики її виконання.

Студент може захищати лабораторну роботу, якщо він виконав її в 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 3**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЧОТИРИКУЛЬКОВІЙ МАШИНІ ТЕРТЯ**

#### **Мета роботи**

- 1 Закріплення знань за темою "Методи та засоби випробувань на тертя і зношування".
- 2 Ознайомлення з нормативно-технічною документацією з проведення триботехнічних випробувань.
- 3 Ознайомлення із конструкцією машини тертя ЧКМ-К1 і методикою визначення на ній триботехнічних показників олив та мастил.
- 4 Набування практичних навичок роботи на чотирикульковій машині тертя.

#### **Завдання**

- 1 Підготувати машину тертя і кульки до випробувань.
- 2 Провести випробування на машині тертя.
- 3 Обробити результати випробувань.
- 4 Скласти звіт з роботи.

#### **Домашнє завдання**

- 1 Детально ознайомитись із теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, наведеним у методичних вказівках.
- 2 Ознайомитись зі змістом і порядком виконання роботи.
- 3 Вивчити програму та методичку проведення трибологічних випробувань мастил та олив на чотирикульковій машині тертя.
- 4 Відповісти на контрольні питання.

## Теоретичні положення

### *Машини тертя, що працюють за чотирикульковою схемою*

Принцип дії чотирикулькової машини тертя заснований на використанні вузла тертя, що є пірамідою з чотирьох контактуючих одна з одною сталевих кульок з термообробленої сталі ШХ-15 не нижче за II ступінь точності і не нижче класу В. Три нижніх кульки піраміди закріплюються нерухомо у вузлі тертя – спеціальній чашці, у яку поміщається випробовуваний мастильний матеріал. Верхня кулька закріплюється в шпинделі машини тертя, що обертається. Нижні кульки притискаються до верхньої під заданим осьовим навантаженням і при випробуванні не прокручуються відносно одна одної, що забезпечується затягуванням гайки на сталевому стакані, що є одночасно місткістю для випробовуваного мастильного матеріалу.

За величиною плями зносу на нижніх кульках, при різних навантаженнях відповідно до методики, наведеної в ГОСТ 9490-75 ("Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине"), визначаються показники: "індекс задиру", "критичне навантаження" і "показники зносу". При визначенні показника "навантаження зварювання" додатково використовується значення моменту тертя.

Однією з широко застосовуваних чотирикулькових машин тертя є машина КТ-2 (МАСТ-1, МАСТ-2), яка призначена для визначення температурної стійкості мастильних матеріалів. Ця машина може працювати за декількома схемами випробувань:

- куля, що обертається (тип 1);
- куля (тип 2), що обертається, – сферичний поясок на торці кільця;
- куля (тип 2), що обертається, – три зразки з плоскими поверхнями;
- куля (тип 2), що обертається, – три циліндрові ролики;
- конічний зразок, що обертається, – три циліндрові ролики;
- конічний зразок, що обертається, – конічний поясок на торці кільця.

Конструкція вузла тертя машини МАСТ-1 наведена на рисунку 3.1. Верхня сталева кулька 1 обертається разом зі шпинделем 2 і притискається під навантаженням до трьох нижніх кульок 3, затиснених в оправці 4, закріпленій на дні чаші 5 з оливою 6. Оливна чаша нагрівається від електронагрівача 7, температура фіксується термомпарою 8. Сила повороту чаші на опорному підшипнику 9 фіксується торсіонним динамометром 10. Критерієм температурної стійкості за ГОСТ 23.221-84 ("Обеспечение износостойкости изделий. Метод экспериментальной оценки температурной стойкости смазочных материалов при трении") прийняті температури: критичного руйнування змащувального шару і хімічної модифікації поверхні тертя.

Діаметр верхньої кульки 8 мм (тип 1) або 12,7 мм (тип 2), а нижньої кульки 8 мм. Осьове навантаження 10÷150 Н. Частота обертання шпинделя 1 хв<sup>-1</sup>. Температура 20÷400°С.

Однією із найбільш розповсюджених у даний час у лабораторіях і на підприємствах України є чотирикулькова машина тертя ЧКМ-К1.

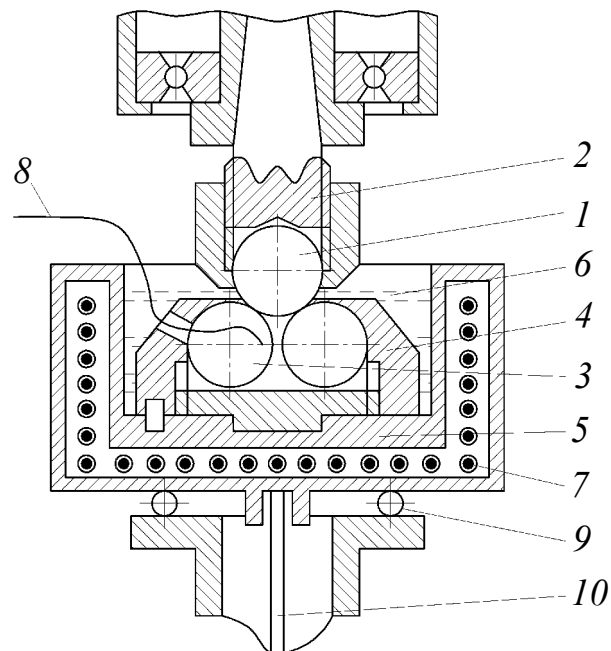


Рисунок 3.1 – Вузол тертя машини МАСТ-1



## ***Будова та принцип дії машини ЧКМ-К1***

Машина тертя чотирикулькова ЧКМ-К1 призначена для лабораторного визначення змащувальних властивостей рідких і пластичних мастильних матеріалів за методикою ГОСТ 9490.

Випробування на машині можна проводити при температурі повітря в робочому приміщенні від +10°C до +45°C, максимальній відносній вологості повітря в робочому приміщенні при +25°C не більше 85 %.

Живиться машина від мережі трифазного змінного струму напругою 380 В. Потужність електродвигуна машини тертя 3 кВт.

Електрична схема управління машиною забезпечує сигналізацію наявності живлення при підключенні машини до мережі. При установленні тумблера в положення 10 с, після натиснення кнопки "ПУСК" машина відразу вмикається і автоматично вимикається після закінчення 10 с випробування; при установленні тумблера в положення 60 хв, після натиснення кнопки "ПУСК" машина відразу вмикається і автоматично вимикається після закінчення 60 хв випробування. Кнопка "СТОП" служить для зупинки машини тертя після її вмикання, не чекаючи спрацьовування реле часу. Кнопка "АВАРІЙНИЙ СТОП" призначена для зупинки машини тертя при виникненні аварійних ситуацій або загрозі отримання травм обслуговуючим персоналом. У машині передбачена можливість проведення випробувань у діапазоні від 1 с до 9,9 год.

Система навантаження машини тертя забезпечує створення осьових навантажень у вузлі тертя від 6 до 1000 кг включно.

Пристрій для автоматичного вимкнення електродвигуна машини спрацьовує при досягненні моменту тертя, рівного 1180 Н·см, з відхиленнями, що не перевищують  $\pm 3$  % від цієї величини.

Радіальне та осьове биття верхньої кульки, закріпленої в цанзі, не перевищує 0,05 мм на відстані 2 мм догори по вертикалі від нижньої точки.

Швидкість обертання шпинделя машини – 1470 $\pm$ 40 об/хв.

На машині тертя ЧКМ-К1 як тіла контакту застосовуються сталеві кульки діаметром 12,7 мм за ГОСТ 3722-81 ("Подшипники качения. Шарики. Технические условия"), які вироблені зі сталі ШХ-15 ГОСТ 801-78 ("Сталь подшипниковая. Технические условия").

Основною конструкцією машини тертя ЧКМ-К1 (рисунок 3.2) є сталевий корпус 1, до якого прикріплена за допомогою болтів масивна сталева плита. На сталевій плиті закріплений електродвигун і пристрої, що забезпечують проведення випробувань мастильних матеріалів. Механізм машини тертя складається з корпусу 2, електродвигуна 3, вузла тертя 4 (чашки нижніх кульок), обмежувача і системи противаг 5, системи навантаження 6 і вантажів 7, призначених для створення осьових навантажень у вузлі тертя розвантажувального пристрою. Праворуч від корпусу закріплена додаткова конструкція 8, що служить для надання додаткової стійкості машині тертя. В окремому корпусі розташована панель управління 9.

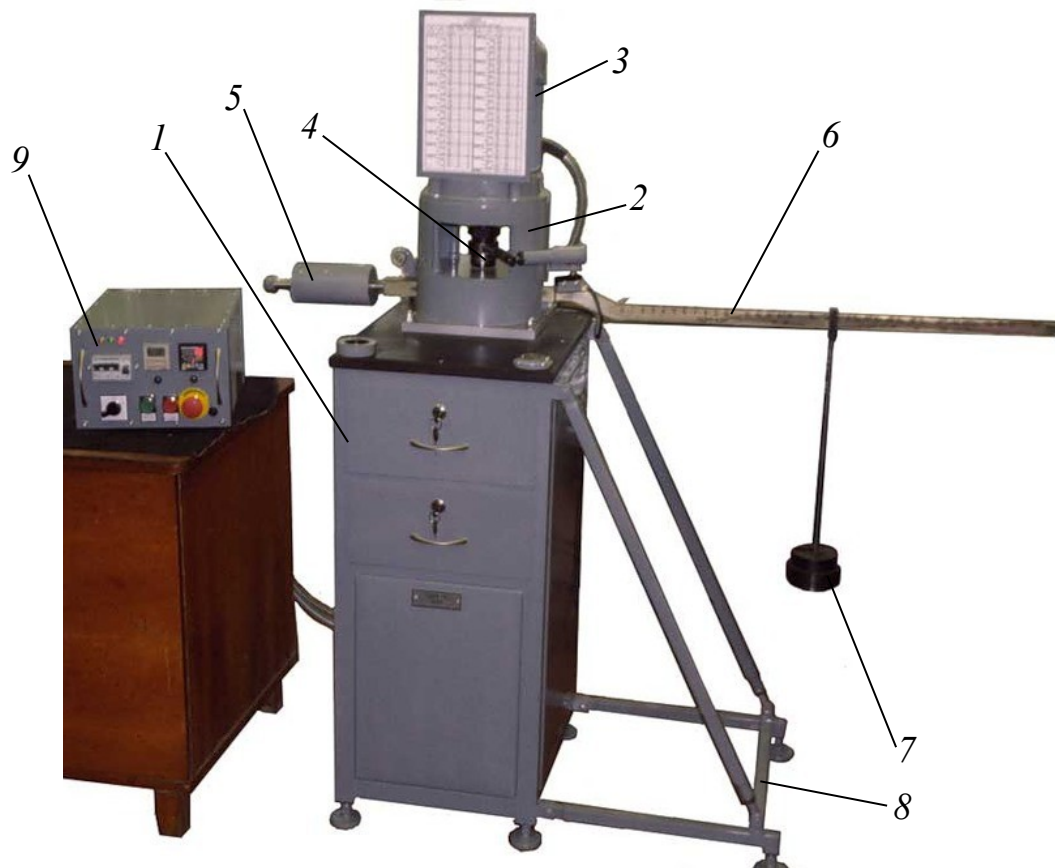


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд машини тертя ЧКМ-К1

На круглому корпусі машини тертя закріплений обмежувач з датчиком навантажень, який забезпечує вимикання машини тертя при досягненні критичної сили тертя.

На столі машини тертя зліва розташована спеціальна сталева шайба з двома штифтами, на які встановлюється вузол тертя (сталевий стакан з кульками) при його збиранні/розбиранні.

Для створення осьових навантажень від 6 до 1000 кг машина забезпечена комплектом вантажів, що знаходяться в спеціальному ящику. Маса кожної гирі становить 1 кг.

У гнізді важеля встановлений стакан, з яким контактує штовхач, що зверху упирається у зворотний стакан, який переміщається в проміжному столі машини тертя. На зворотному стакані зверху закріплений упорний підшипник з верхнім кільцем, на яке встановлюється сталевий диск з двома штифтами, який служить для установа чашки з нижніми кульками і випробовуваним мастильним матеріалом. Сталевий диск оснащений ручкою і одночасно є пристосуванням для передачі критичного навантаження на датчик тиску, закріплений на корпусі машини тертя.

У нижньому торці чашки є два глухі отвори, у які входять штифти для фіксації вузла тертя.

У чашці закріплюються три нижні (нерухомі) кульки. Четверта (верхня) кулька затиснена в цанзі. Зовнішня конусна частина цанги знаходиться в конічному гнізді шпинделя. У шпинделі зроблений спеціальний проріз, через який виштовхувачем виймається цанга після проведення випробування. Двигун прикріплений до основної плити чотирма сталевими термообробленими шпильками. Високоточний двигун оснащений системою амортизації, що пом'якшує удари чашки, які виникають при досягненні навантажень зварювання. Справа позаду навантажувального важеля на машині тертя встановлено навантажувально-розвантажувальний пристрій, призначений для полегшеного установа, зняття чашки з нижніми кульками.

Чашка вузла тертя має центральну циліндрову частину з конічним дном. У середині центральної частини поміщаються три кульки, які жорстко затискаються накидною гайкою між конічними поверхнями дна чашки і верхнього конічного кільця. Чашка з кульками встановлюється на поворотну плиту, опорою якої служить навантажувальний штовхач з упорним підшипником. В упорну плиту вкручена порожниста сталева рукоятка, яка одночасно є важелем передачі зусилля тертя на реєструючий (вимикальний)

датчик сили тертя. На основній плиті машини тертя з лівого боку ззаду кріпиться розвантажувальний пристрій. При повороті до упора вліво важеля ролик натискує на ліве плече важеля навантаження машини і звільняє вузол тертя від осьового навантаження. В такому положенні оператор проводить завантаження або розвантаження після випробування чашки з трьома кульками і випробовуваним змащувальним матеріалом.

На важелі навантаження марковані точки установлення гиретримача, а в таблиці навантажень наведені співвідношення навантаження на важелі до навантаження у вузлі тертя.

## **Програма та методика досліджень**

### **Обладнання:**

- чотирикулькова машина тертя;
- кульки діаметром  $(12,7 \pm 0,01)$  мм за ГОСТ 3722 із сталі ШХ-15 за ГОСТ 801;
- мікроскоп зі збільшенням не менше ніж 20, оснащений шкалою із ціною поділки не більше 0,01 мм;
- секундомір;
- нефрас марки С 50/170 ГОСТ 8505-80 ("Нефрас С50/170. Технические условия") або інший розчинник, що видаляє мастильний матеріал з деталей вузла тертя і не залишає плівок та інших забруднень;
- шабер тригранний або інший інструмент для видалення задирок, що утворюються навколо плям зносу;
- шпатель;
- пінцет;
- вата гігроскопічна або м'яка тканина.

## **Порядок виконання роботи**

Випробування складається із серії визначень. Кожне визначення проводять на новій пробі випробовуваного мастильного матеріалу з чотирма новими кульками.

Випробування кожного мастильного матеріалу проводять при температурах, встановлених у нормативно-технічній документації на випробовуваний мастильний матеріал.

1 Перед початком випробування мастильного матеріалу всі деталі машини, з якими він контактує під час випробувань (чашка із деталями кріплення нижніх кульок і деталі кріплення верхніх кульок та шпindelі), промити нефрасом або іншим розчинником і просушити на повітрі.

Кульки, що застосовуються при випробуваннях, промити декількома порціями нефрасу або іншого розчинника до тих пір, поки розчинник не стане прозорим, і просушити на повітрі.

2 Перевести важіль розвантажувального пристрою у верхнє положення, звільнивши тим самим вузол тертя від осьового навантаження.

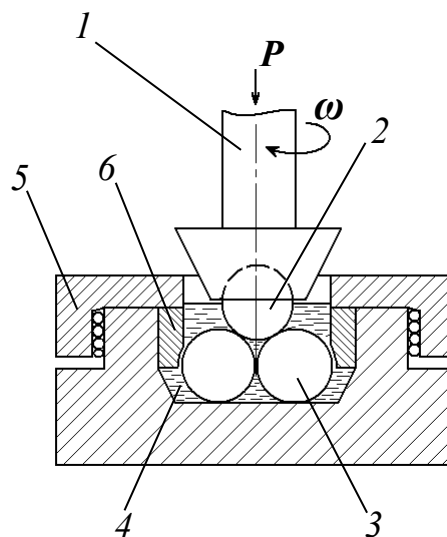
Закласти три кульки в сталеву чашку, покласти зверху на неї притискну шайбу і закрутити гайку. Встановити чашку в пристосування з штифтами, що знаходиться зліва на робочому столі машини і гайковим ключем, що входить в комплект машини тертя, затиснути кульки.

3 Встановити чашку з кульками на штифти поворотного диска з рукояткою.

При випробуванні рідкого мастильного матеріалу залити його у чашку так, щоб кульки були повністю покриті ним. При випробуванні пластичного мастильного матеріалу нанести його шпателем, не допускаючи утворення порожнин.

У шпindel машини встановити цангу з кулькою, а диск - в машину тертя. Після цього вузол тертя машини матиме вигляд, наведений на рисунку 3.3.

Перевести важіль розвантажувального пристрою в крайнє ліве (нижнє) положення.



1 – цанга; 2 – верхня кулька;  
3 – нижні кульки; 4 – матеріал мастильний; 5 – гайка;  
6 – притискна шайба

Рисунок 3.3 – Вузол тертя машини ЧКМ-К1

4 Керуючись рекомендаціями, наведеними в таблиці навантажень, встановити гиретримач на відповідний розподіл важеля, після чого поставити на гиретримач необхідний набір гир.

5 Залежно від заданого режиму випробувань вибрати режим 10 с або 60 хв, для чого перевести у відповідне положення тумблер на панелі керування машини.

Для початку випробувань натискувати кнопку "ПУСК".

6 Тривалість роботи машини з моменту ввімкнення до моменту вимкнення електродвигуна при поточному навантаженні в процесі визначення критичного навантаження, навантаження зварювання та індексу задирки має бути  $(10,0 \pm 0,2)$  с, а при визначенні показника зносу –  $(60,0 \pm 0,5)$  хв.

7 Після зупинки машини вузол тертя охолодити нижче  $40^{\circ}\text{C}$ . За допомогою розвантажувального пристрою розвантажити вузол тертя і вийняти його з машини.

Рідкий мастильний матеріал злити, а пластичний мастильний матеріал зняти ватним тампоном із ділянок тертя на нижніх кульках. При наявності задирок по краях плям зношування видалити їх шабером.

За допомогою мікроскопа виміряти діаметр плям зносу кожної з нижніх кульок у взаємно перпендикулярних напрямках із точністю не менше 0,01 мм. За результат вимірювання приймається середнє арифметичне значення вимірювань плям зносу трьох нижніх кульок. Результати вимірювань занести у протокол випробувань.

За допомогою спеціального ключа вийняти цангу з верхньою кулькою зі шпинделя машини і за допомогою "вибивання" і підставки, що входить у комплект машини, видалити використану кульку з цанги.

8 При визначенні **критичного навантаження** провести ряд послідовних визначень із убуваючими або зростаючими навантаженнями у відповідності до стандартного ряду навантажень 1, наведеного у додатку А, максимально наближеними до передбачуваного критичного навантаження.

Використовуючи ряд навантажень 2 (додаток А), встановити критичне навантаження. Критичним вважають навантаження  $P_k$ , Н, при якому середній діаметр плям зносу нижніх кульок знаходиться в межах значень граничного зносу  $(d_1 \pm 0,15)$  для даного навантаження і збільшення якого до величини наступного навантаження викликає

збільшення середнього діаметра плям зносу на величину більше 0,1 мм.

Провести два послідовних випробування. За критичне навантаження  $P_k$  прийняти менше з двох отриманих значень. Отримані результати занести в протокол випробувань (додаток Б).

9 При визначенні **навантаження зварювання** провести ряд послідовних визначень із убуваючими або зростаючими навантаженнями у відповідності до стандартного ряду навантажень 1 (додаток А), максимально наближеними до передбачуваного навантаження зварювання.

Використовуючи ряд навантажень 2 (додаток А), встановити навантаження зварювання. Навантаженням зварювання  $P_z$ , Н, вважають найменше навантаження, при якому трапилася автоматична зупинка машини при досягненні моменту тертя  $(1180 \pm 25)$  Н·см або зварюванні кульок. Для мастильних матеріалів, у яких зварювання не спостерігається і момент тертя нижче граничного, за навантаження зварювання приймають навантаження, при якому утворюється пляма зносу середнім діаметром 3 мм і більше.

Провести два послідовних випробування. За навантаження зварювання  $P_z$  прийняти менше з двох отриманих значень. Отримані результати занести в протокол випробувань (додаток Б).

10 При визначенні **індексу задиру** випробування почати із початкового навантаження 196 Н. Наступні визначення проводити із зростаючим навантаженням у відповідності до ряду навантажень 1 (додаток А) до навантаження зварювання.

Розрахувати індекс задиру  $I_z$ , Н, за формулою

$$I_z = \frac{\sum Q_i}{n},$$

де  $\sum Q_i$  - сума умовних навантажень по ряду 1 (додаток А) від початкового навантаження до найближчого навантаження, що передує навантаженню зварювання, Н;

$n$  - кількість визначень по ряду 1.

Умовне навантаження  $Q_i$ , Н, для кожного осьового навантаження по ряду 1 розраховують за формулою

$$Q_i = P_i \cdot \frac{d_{zi}}{d_i},$$

де  $P_i$  - осьове навантаження по ряду 1, Н;

$d_{zi}$  - діаметр зони пружної деформації кульок по Герцу при навантаженні  $P_i$ , мм;

$d_i$  - середній діаметр плям зносу нижніх кульок при навантаженні  $P_i$ , мм.

Значення добутку ( $P_i \cdot d_{zi}$ ) для кожного осьового навантаження ряду 1 (наведено у додатку Б).

**11 Показник зносу** визначити при постійному навантаженні, що встановлене нормативно-технічною документацією на мастильний матеріал. Основним є навантаження 196 Н.

Надійне визначення показника діаметра плями зносу забезпечується при стабільному режимі тертя (без вібрації, скрипу і т.п.). Для мастильних матеріалів, що не забезпечують стабільного режиму тертя при зниженні навантаження до мінімального, показник зносу не визначають.

Провести два послідовних визначення. За показник зносу  $D_z$  приймають середнє арифметичне значення результатів двох послідовних визначень діаметрів плям зносу.

## **Оцінювання точності випробувань**

**1 Збіжність** (для пластичних мастильних матеріалів встановлюють тільки для показника зносу  $D_z$ ).

Два результати визначень, що отримані одним виконавцем, визнаються достовірними (із 95 %-ю довірчою вірогідністю), якщо розбіжність між ними не перевищує:

а) для критичного навантаження  $P_k$  – різниці між більшим і меншим значенням двох послідовних навантажень в 1-му та 2-му рядах навантажень;

б) для навантаження зварювання  $P_z$  - різниці між більшим і меншим значенням трьох послідовних навантажень в 1-му та 2-му рядах навантажень;

в) для індексу задиру  $I_z$  – 39 Н по всьому діапазону величин,



що вимірювалися;

г) для показника зносу  $D_3$  – значення для більшого результату, наведеного на рисунку 3.4 для олів і на рисунку 3.5 для мастил.

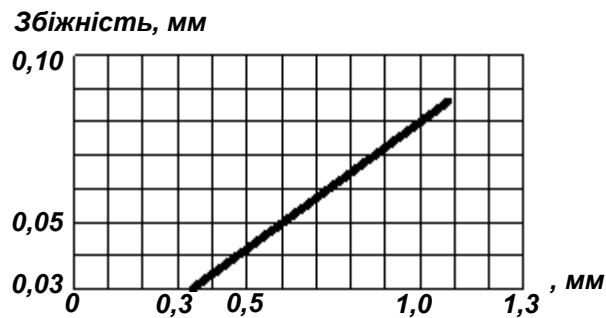


Рисунок 3.4 – Збіжність результатів визначення показника зносу для олів

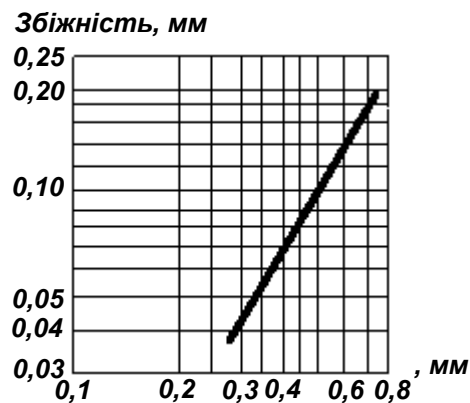


Рисунок 3.5 – Збіжність результатів визначення показника зносу для мастил

**2 Відтворюваність** (для пластичних мастильних матеріалів встановлюють тільки для показника зносу  $D_3$ ).

Два результати випробувань, що отримані у двох різних лабораторіях, визнаються достовірними (із 95 %-ю довірчою вірогідністю), якщо розбіжність між ними не перевищує:

а) для критичного навантаження  $P_K$  – різниці між більшим і меншим значенням чотирьох послідовних навантажень в 1-му та 2-му рядах навантажень;

б) для навантаження зварювання  $P_3$  – різниці між більшим і

меншим значенням п'яти послідовних навантажень в 1-му та 2-му рядах навантажень;

в) для індексу задиру  $I_z$  – 117 Н по всьому діапазону величин, що вимірювалися;

г) для показника зносу  $D_z$  – значення для більшого результату, наведеного на рисунку 3.6 для оливи і 0,2 мм по всьому діапазону вимірюваних величин для мастил.

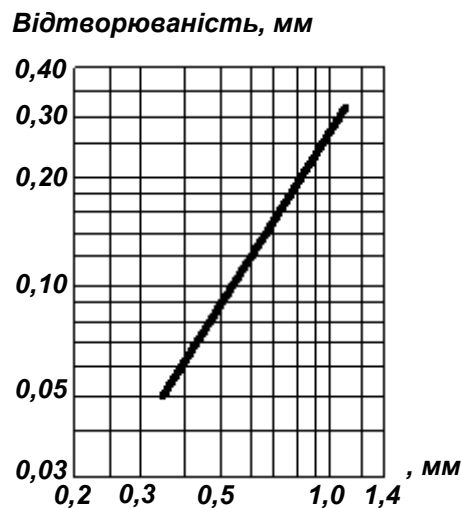


Рисунок 3.6 – Відтворюваність результатів визначення показника зносу для оливи

### Зміст звіту

Звіт за виконаною лабораторною роботою повинен містити таку інформацію:

- назва, мета та завдання роботи;
- основні теоретичні відомості за темою роботи;
- перелік обладнання для проведення дослідів;
- стисле викладення порядку проведення експерименту;
- схематичне зображення вузла тертя чотирикулькової машини;
- результати проведених дослідів, які можуть бути оформлені у вигляді протоколу (додаток Б);
- висновки по роботі.

### Контрольні питання

- 1 Роботу яких кінематичних пар імітує вузол тертя чотирикулькової машини?
- 2 Для чого призначені машини МАСТ-1 та МАСТ-2?
- 3 Який принцип будови і дії робочого вузла чотирикулькових машин тертя?
- 4 Які трибологічні характеристики мастильних матеріалів можна визначити на машині тертя ЧКМ?
- 5 Із яких основних частин складається машина ЧКМ-К1?
- 6 За допомогою якого пристрою визначаються діаметри плям зносу на нижніх кульках?
- 7 Опишіть порядок визначення критичного навантаження для мастильного матеріалу на машинах тертя, що працюють за чотирикульковою схемою.
- 8 Опишіть порядок визначення навантаження зварювання.
- 9 Опишіть порядок визначення індексу задиру мастильного матеріалу на чотирикульковій машині тертя.
- 10 Опишіть порядок визначення показника зносу на ЧКМ.

## **Додаток А**

### **Ряди навантажень**

Таблица А.1

Ряд навантажень 1, Н	Ряд навантажень 2, Н	Величина граничного зносу ( $d_1 \pm 0,15$ ), мм	Ряд навантажень 1, Н	Ряд навантажень 2, Н	Величина граничного зносу ( $d_1 \pm 0,15$ ), мм
59		0,31	784		0,52
	64	0,31		823	0,53
	69	0,31		872	0,53
	74	0,32		921	0,54
78		0,32	980		0,55
	83	0,32		1039	0,56
	88	0,33		1098	0,56
	93	0,33		1166	0,57
98		0,33	1235		0,58
	103	0,34		1303	0,59
	108	0,34		1381	0,60
	118	0,35		1470	0,61
127		0,35	1568		0,62
	132	0,35		1646	0,62
	137	0,36		1744	0,63
	147	0,36		1842	0,64
157		0,37	1960		0,65
	167	0,37		2067	0,66
	176	0,37		2195	0,67
	186	0,38		2323	0,68
196		0,38	2450		0,69
	205	0,39		2607	0,70
	216	0,39		2764	0,71
	225	0,39		2930	0,72
235		0,40	3087		0,73
	255	0,40		3283	0,75
	274	0,41		3479	0,76
	294	0,42		3685	0,77
314		0,42	3920		0,78
	333	0,43		4136	0,79
	353	0,43		4381	0,81
	372	0,44		4635	0,82
392		0,44	4900		0,83
	416	0,45		5204	0,85

Ряд навантажень 1, Н	Ряд навантажень 2, Н	Величина граничного зносу ( $d_1 \pm 0,15$ ), мм	Ряд навантажень 1, Н	Ряд навантажень 2, Н	Величина граничного зносу ( $d_1 \pm 0,15$ ), мм
	441	0,46		5508	0,86
	465	0,46		5841	0,87
490		0,47	6174		0,89
	519	0,47		6546	0,90
	549	0,48		6938	0,92
	588	0,49		7350	0,93
617		0,49	7840		0,95
	657	0,50		8232	0,96
	696	0,51		8722	0,98
	735	0,51		9232	0,99
			9800		1,01

## Додаток Б

### Форма протоколу випробувань

1 Визначення індексу задиру  $I_z$

Номер випробування	Навантаження, Н	Діаметр плями зносу шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плям зносу, мм	Граничний знос ( $d_1 \pm 0,15$ ), мм	$P_i \cdot d_{zi}$	$Q_i = P_i \cdot \frac{d_{zi}}{d_i}$
1	59			0,31	0,952	
2	78			0,32	1,397	
3	98			0,33	1,881	
4	127			0,35	2,668	
5	157			0,37	3,520	
6	196			0,38	4,740	
7	235			0,40	6,382	
8	314			0,42	8,869	
9	392			0,44	11,94	
10	490			0,47	16,08	
11	617			0,49	21,88	
12	784			0,53	29,59	
13	980			0,55	40,52	
14	1235			0,58	55,14	
15	1568			0,62	74,57	
16	1960			0,65	102,1	
17	2450			0,69	138,2	
18	3087			0,73	187,9	
19	3920			0,78	255,6	
20	4900			0,83	347,3	
21	6174			0,89	472,4	
22	7840			0,95	641,8	
23	9800			1,01	876,3	

Індекс задиру  $I_z$ , Н

$$I_3 = \frac{\sum Q_i}{n}$$

### 2 Визначення критичного навантаження $P_K$

Номер випробування	Навантаження, Н	Діаметр плям зносу шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плями зносу, мм	Критичне навантаження, Н

### 3 Визначення навантаження зварювання $P_3$

Номер випробування	Діаметр плям зносу шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плями зносу, мм	Навантажування зварювання, Н

### 4 Визначення показника зносу $D_3$ при навантаженні $P = \underline{\hspace{2cm}}$ Н

Номер випробування	Діаметр плям зносу шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плями зносу, мм

