

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

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

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У НАФТОВІЙ
ОЛИВІ НА МЕХАНІЗМ ЗМОЧУВАННЯ ПОВЕРХНІ СКЛА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до лабораторної роботи 1
з дисципліни**

«ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ»

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини" 16 вересня 2011 р., протокол № 1.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.05050308 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання" всіх форм навчання.

Укладачі:

доц. С.В. Воронін,

асист. Д.В. Онопрейчук

Рецензент

проф. Є.М. Лисіков

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У НАФТОВІЙ
ОЛИВІ НА МЕХАНІЗМ ЗМОЧУВАННЯ ПОВЕРХНІ СКЛА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи 1
з дисципліни

«ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ»

Відповідальний за випуск Воронін С.В.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 19.10.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. 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.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки призначені для студентів Української державної академії залізничного транспорту. Вони доповнюють та поглиблюють інформацію з курсу “Основи нанотехнологій” і складені відповідно до навчальної програми. Мета даних методичних вказівок - закріплення знань, отриманих на лекціях і при самостійній роботі. Завдання, що їх виконують студенти, допоможуть ліпше засвоїти вивчений матеріал і отримати навички в методиці визначення впливу концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР) у нафтовій оліві на механізм змочування поверхні.

При підготовці до проведення лабораторної роботи студенти повинні:

- уважно вивчити методичні рекомендації;
- ознайомитись із змістом роботи;
- усвідомити її мету та задачі;
- засвоїти правила техніки безпеки при виконанні робіт;
- повторити теоретичний матеріал з розділу курсу “Основи нанотехнологій”;
- провести відповідні виміри, заповнити таблиці, виконати розрахунки, скласти графіки або схеми.

Завершальний етап лабораторної роботи - обробка отриманих даних, їхній аналіз і формулювання висновків.

Результати виконаної лабораторної роботи кожен студент оформлює в робочому журналі, в який заносить:

- номер, назву, мету та задачі роботи;
- опис дії та схеми вимірювальних приладів;
- методику визначення параметрів які вимірюються;
- результати вимірів і розрахунків;
- висновки з роботи.

Звіт після оформлення необхідно здати викладачеві на перевірку. При здачі звіту студенти повинні бути готові до відповідей за змістом роботи, теоретичним курсом та будовою приладів.

Лабораторна робота 1

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У НАФТОВІЙ ОЛИВІ НА МЕХАНІЗМ ЗМОЧУВАННЯ ПОВЕРХНІ СКЛА

1 Мета роботи

Дослідження впливу концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР) у нафтовій оливі на механізм змочування поверхні скла.

2 Зміст та задачі роботи

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно вивчити рекомендовану літературу, зокрема таку, що містить інформацію щодо природи та властивостей поверхнево-активних речовин для нафтових олив, їх впливу на процес змочування поверхонь тертя.

Визначити коефіцієнти змочування поверхні скла нафтовою оливою без ПАР та з різною їх концентрацією. Порівняти результати та зробити висновки.

Задачі:

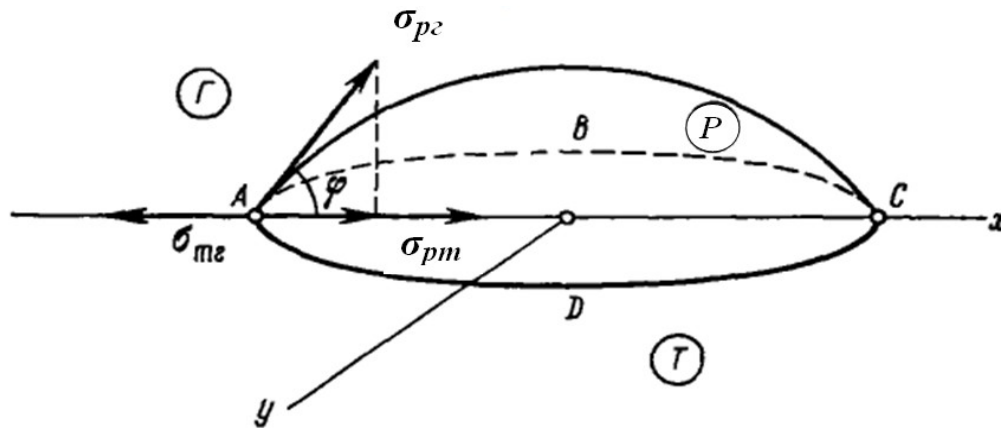
- 1) ознайомитись з конструкцією пристрою для визначення змочування та методикою введення присадок в базову оливу;
- 2) визначити коефіцієнт змочування нафтовою оливою поверхні скла без ПАР;
- 3) визначити коефіцієнти змочування нафтовою оливою поверхні скла при різній концентрації ПАР в базовій оливі;
- 4) побудувати графічну залежність коефіцієнта змочування від концентрації ПАР у базовій оливі.

3 Теоретичні відомості

Однією з основних функцій нафтових олив є зниження тертя та зносу трибоспряжень в технічних системах за рахунок утворення на їх поверхнях мастильної плівки. Утворення плівки на всіх поверхнях тертя відбувається завдяки процесу змочування.

Змочування – поверхневе явище, яке виникає при контакті рідини з твердим тілом за наявності третьої фази (газу, пари та ін.) або ін. рідини, що не змішується з першою. Воно проявляється в розтіканні рідини та формуванні площі адгезійного контакту, утворенні краплі рідини на поверхні і т.д. Характерна особливість змочування – наявність ліній контакту трьох фаз (лінії змочування).

Мірою змочування є крайовий кут змочування φ , що визначається нахилом поверхні рідини (краплі) до змочуваної нею поверхні твердого тіла [1]. Вершина кута знаходиться на лінії змочування (рисунок 1).



- σ_{mg} – поверхневий натяг на границі розділу фаз, тверде тіло-газ;
- σ_{pt} – поверхневий натяг на границі розділу фаз, рідина - тверде тіло;
- σ_{pg} – поверхневий натяг на границі розділу фаз, рідина – газ (повітря)

Рисунок 1 – Крапля рідини на поверхні твердого тіла

Поверхневий натяг – сила, що діє на одиницю довжини контуру поверхні та намагається скоротити поверхню до мінімуму при заданих об’ємах фаз. Поверхневий натяг на межі двох конденсованих фаз зазвичай називається міжфазним натягом. Робота утворення нової поверхні витрачається на подолання сил міжмолекулярного зчеплення (когезії) при переході молекул речовини з об’єму тіла в поверхневий шар. Рівнодійна міжмолекулярних сил в поверхневому шарі не дорівнює нулю (як в об’ємі тіла) і спрямована всередину фази з більшою когезією [1, 2]. Таким чином, поверхневий натяг – міра

некомпенсованості міжмолекулярних сил в поверхневому (міжфазному) шарі або, що те саме, надлишку вільної енергії в поверхневому шарі в порівнянні з вільною енергією в об'ємах контактуючих фаз (вимірюється в джоулях на метр квадратний або ньютон на метр).

В залежності від співвідношення діючих по периметру змочування $ABCD$ поверхневих сил (σ_{mz} , σ_{pm} , σ_{pz}) крапля або розтікається по поверхні тіла, або залишається в рівновазі. Стан рівноваги визначається рівнянням

$$\sigma_{mz} = \sigma_{pm} + \sigma_{pz} \cdot \cos \phi, \quad (1)$$

звідси

$$\cos \phi = \frac{\sigma_{mz} - \sigma_{pm}}{\sigma_{pz}}. \quad (2)$$

Величиною кута ϕ оцінюють ліофільність та ліофобність поверхонь по відношенню до різних рідин. На ліофільній поверхні рідина розтікається, тобто має місце часткове ($0^\circ < \phi < 90^\circ$) або повне змочування ($\phi = 0^\circ$); на ліофобній – розтікання не відбувається ($\phi > 90^\circ$).

Крайовий кут залежить від співвідношення сил зчеплення молекул рідини з молекулами або атомами змочуваного тіла та сил зчеплення молекул між собою, тобто співвідношення енергії адгезії та когезії рідини.

Робота адгезії між твердим тілом та рідкою фазою визначається виразом

$$W_{pm} = \sigma_{mz} + \sigma_{pz} - \sigma_{pm} \quad (3)$$

або з врахуванням виразу (1) матиме вигляд

$$W_{pm} = \sigma_{pz} (1 + \cos \phi). \quad (4)$$

Робота когезії рідини W_{pp} , тобто робота розриву рідини з поперечним перерізом 1 см^2 на два стовпці з утворенням 2 см^2 раніш відсутньої поверхні, дорівнює

$$W_{pp} = 2\sigma_{pg} \quad (5)$$

Для розтікання рідини необхідно виконання такої умови

$$W_{pm} \geq W_{pp} \geq 2\sigma_{pg} \quad (6)$$

тобто робота адгезії повинна бути більше за роботу когезії [2, 3].

Силу під дією якої крапля рідини розтікається по поверхні, прийнято виражати через коефіцієнт розтікання β . Ця сила рівна різниці поверхневих натягів або різниці між роботами адгезії та когезії, відповідно рівнянню

$$\beta = \sigma_{mg} - \sigma_{pm} - \sigma_{pg} = W_{pm} - W_{pp} \quad (7)$$

Для покращення розтікання (або навпаки) в рідині додають ПАР. ПАР – речовини, що здатні накопичуватися (згущуватися) на поверхні контакту двох тіл, що називається поверхнею розділу фаз, або міжфазною поверхнею. На міжфазній поверхні ПАР, під дією міжмолекулярних сил, утворюють шар підвищеної концентрації – адсорбційний шар, тим самим знижуючи вільну енергію речовини (зниження поверхневого натягу).

Процес змочування цілком залежить від властивостей рідини та змочуваного тіла, тому в роботі необхідно вивчити поведінку нафтових олив з твердою поверхнею, в ролі якої виступатиме скло, як матеріал, що не потребує спеціальних методів підготовки поверхні. Крім того, вибір скла для досліджень дозволяє оцінювати лише властивості змочування оливи незалежно від стану твердої поверхні. Тоді досліджувана функція буде описувати зміну коефіцієнта змочування від концентрації ПАР.

4 Необхідна апаратура та матеріали

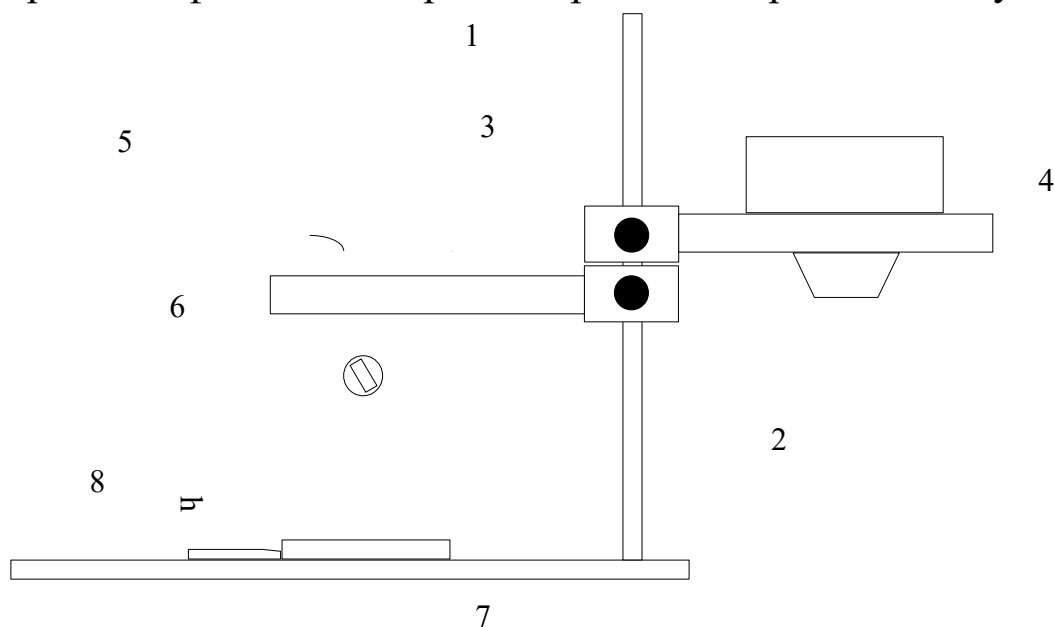
- 4.1 Мастильний матеріал (індустріальна олива И-20);
- 4.2 Поверхнево-активні речовини (олеїнова кислота);
- 4.3 Термостатичний бак з нагрівачем;
- 4.4 Мірительна колба;
- 4.5 Аналітичні ваги;

- 4.6 Термометр;
- 4.7 Секундомір СДС_{пр.} 1.2.000;
- 4.8 Цифрова фотокамера;
- 4.9 Пристрій для визначення коефіцієнта змочування.

5 Будова та принцип роботи приладів

Визначення коефіцієнта змочування проводиться за допомогою пристрою, схема якого показана на рисунку 2.

Будова та принцип роботи пристрою такі: на штативі 1 встановлюються тримачі 2, положення яких фіксується за допомогою затискачів 3. В одному з тримачів закріплюється бюретка з краном 5 та розміщується над склом 7 на висоті h приблизно 5-10 мм, що знаходиться на основі штатива з лінійкою 8. В іншому – що відведений у бік, кріпиться фотокамера 4. В бюретку наливається олива, після чого за допомогою крана 6 на кінці бюретки формується крапля, що переходить (падає) на скляну пластину. Як тільки крапля повністю відірвалась та “лягла” на поверхню скла 7, відразу ж послаблюються затискачі 3 і над скляною пластиною фіксується фотокамера 4, за допомогою якої роблять фотознімки краплі через певні проміжки часу.



1 – штатив; 2 – тримачі; 3 – затискачі; 4 – фотокамера; 5 – об’ємна бюретка з краном; 6 – кран бюретки; 7 – скляна пластина; 8 – лінійка

Рисунок 2 – Пристрій для визначення коефіцієнта змочування нафтовою оливою поверхні скла

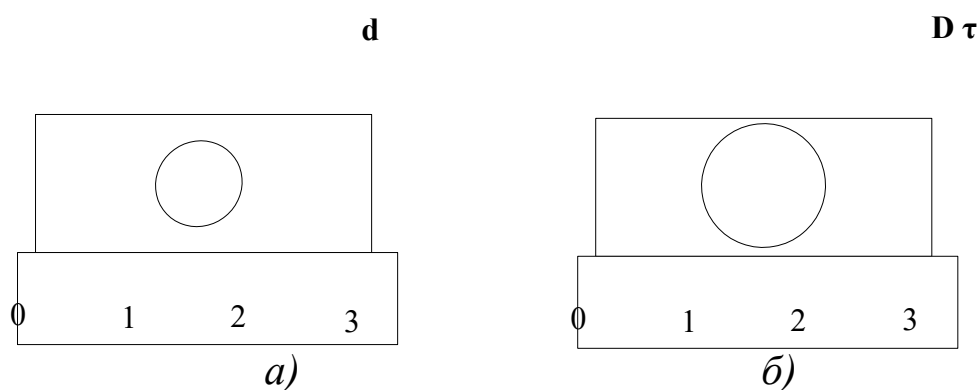
6 Порядок та методика виконання роботи

6.1 З'ясувати мету та задачі роботи.

6.2 Перевірити наявність необхідних матеріалів та приладів.

6.3 Визначити коефіцієнт змочування нафтової оливи без присадок И-20 ГОСТ 20799 - 88 на поверхні скла.

Для цього необхідно знежирити та просушити скляну пластину. Після цього покласти її на основу штатива разом з лінійкою так, щоб шкала лінійки щільно прилягала до найдовшого боку пластини. Потім міцно закріпити бюретку та цифрову фотокамеру на штативі та розмістити тримач з бюреткою над скляною пластиною. Наповнити бюретку оливою та за допомогою крана формувати краплю на кінці бюретки. Як тільки крапля оливи від'єдналась від кінця бюретки та лягла на пластину, необхідно: увімкнути секундомір, послабити затискачі, відвести у бік тримач з бюреткою та встановити над склом з краплею оливи та лінійкою, яка лежить поряд, фотокамеру так, щоб чітко було видно шкалу, та сфотографувати. Повторні знімки зробити через 30, 60 та 90 с. Далі за допомогою знімків (рисунок 3) вирахувати діаметри плям в початковий момент часу (d) та через відповідний час (D^t).



- a) фотознімок краплі в початковий момент часу;
- б) фотознімок краплі через певний проміжок часу

Рисунок 3 – Зображення на знімку фотокамери

Для отримання більш точних результатів вимірювань дану процедуру слід повторити тричі.

Після цього необхідно визначити середнє арифметичне значення результатів вимірювань

$$d_{cp} = \frac{\sum d_i}{N}, \quad (8)$$

де d_i – значення початкового діаметра плями при i -му вимірюванні;

N – кількість вимірювань,

та середнє значення результатів вимірювань через певні проміжки часу

$$D_{cp}^{\tau} = \frac{\sum D_i^{\tau}}{N}, \quad (9)$$

де D_i^{τ} – значення діаметра плями через певний проміжок часу при i -му вимірюванні.

Відношення початкового діаметра плями до діаметра через певний проміжок часу назвемо коефіцієнтом змочування, тобто

$$K_3^{\tau} = \frac{D_{cp}^{\tau}}{d_{cp}}. \quad (10)$$

6.4 Визначити коефіцієнт змочування нафтової оливи з присадками И-20 на поверхні скла.

Щоб виконати дане завдання, спочатку слід ввести присадку в базову оливу. Концентрацію присадки в оливі прийняти 1:100. В даній роботі можна використовувати один з двох способів, що наведені нижче.

1 *Масова концентрація*. Визначається за масовою часткою речовини. Задана концентрація 1:100, отже, необхідно 99 г оливи та 1 г присадки (олеїнова кислота). Для того щоб відібрати таку масу оливи, потрібно зважити мірильну колбу на аналітичних вагах, після чого набрати в колбу оливу та знову зважити.

Різниця мас повної колби та порожньої повинна дорівнювати 99 г – маса оливи. Аналогічно відібрати й 1 г олеїнової кислоти.

2 *Об'ємна концентрація.* Цей спосіб набагато простіший та потребує лише мірального посуду об'ємом не менше 150 мл та ціною поділки шкали 1 мл. Таким посудом може бути мірительна колба. Необхідно налити в колбу, за шкалою, 99 мл оливи, а в іншу – 1 мл олеїнової кислоти. Оскільки об'ємну концентрацію речовини отримати набагато простіше, а даний процес не потребує додаткових вимірювань, в роботі доцільно використовувати саме цю концентрацію присадки в базовій оливі.

Відібраний об'єм оливи вилити у термостатичний бак та нагріти до 60-70°C з метою кращого розчинення присадки. Потім додати олеїнову кислоту та розмішувати протягом 15-20 хв.

Нафтову оливу з присадками необхідно охолодити до кімнатної температури, після чого повторити процедуру визначення коефіцієнта змочування, яка описана в п. 6.3.

Таким самим способом визначити коефіцієнт змочування оливи з присадками на поверхні скла з концентрацією 3:100 мл, тобто 3 мл присадки та 97 мл оливи.

Всі результати вимірювань занести до таблиці 1.

Таблиця 1 – Зміна коефіцієнта змочування в залежності від часу знаходження на склі при різній концентрації ПАР

	оливПАР в нафтовій концентрації	Порядковий номер виміру	d, мм	D ¹ , мм 30 с	D ² , мм 60 с	D ³ , мм 90 с	d _{фр} , мм	D ¹ _{ср} , мм	D ² _{ср} , мм	D ³ _{ср} , мм	Коефіцієнт змочування, K _з		
											K _з ¹	K _з ²	K _з ³
1	0	1											
		2											
		3											
2	1:100	1											
		2											
		3											

3	3:100	1											
		2											
		3											

6.5 Побудувати такі графіки:

- залежності коефіцієнта змочування від часу знаходження краплі на поверхні скла при різних значеннях концентрації ПАР в нафтовій оливі;

- залежності коефіцієнта змочування від концентрації ПАР за однаковий (на вибір) час перебування краплі на склі.

6.6 Зробити висновки з роботи.

7 Контрольні запитання

- 1 Що таке змочування? Що є мірою змочування?
- 2 Від чого залежить крайовий кут?
- 3 За яких умов відбувається часткове та повне змочування поверхні?
- 4 Що таке адгезія, когезія?
- 5 Що таке поверхневий натяг?
- 6 Що таке коефіцієнт розтікання?
- 7 Чому необхідно підігрівати нафтову оливу перед уведенням присадки?
- 8 Що таке ПАР?
- 9 Як взаємодіють молекули ПАР з молекулами базової оливи?
- 10 Як відібрати необхідну масу речовини?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1971. – 939 с.
- 2 Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: Физматгиз, 1963. – 471 с.
- 3 Шехтер Ю.Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. – М.: Химия, 1978. – 304 с.

