

**А. Б. ГРИГОРОВ**

### **ВПЛИВ В'ЯЗКОСТІ БАЗОВОЇ ОЛИВИ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ РЕЦИКЛІНГОВИХ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ**

Представлено результати лабораторного дослідження по визначенню залежності між показниками якості пластичних мастил та кінематичною в'язкістю базової оливи на прикладі рециклінгових мастил, які отримані з відпрацьованих змащувальних олив. У якості загущувача використовувався вторинний поліетилен низького тиску у концентрації 5 % (мас.). Встановлено, що отримані залежності між визначеними показниками якості мастила та кінематичною в'язкістю базової оливи адекватно описуються поліномом другого ступеня, про що свідчать дуже високі (0,93-0,99) значення коефіцієнтів достовірності апроксимації  $R^2$ . Отже кінематична в'язкість базової оливи значно впливає на випаровуваність мастила, втрату оливи при зберіганні мастила та її реологічні властивості. При додаванні однакової концентрації загущувача, найліпшими властивостями володіло мастило, отримане з високово'язкої трансмісійної оливи. Найгіршими реологічними властивостями відрізнялося мастило з мало в'язкої гідравлічної оливи. Зважаючи на це, кінематична в'язкість базової оливи виступає тим фактором у процесі виробництва пластичного мастила, керуючи яким можна формувати його структуру, прогнозувати властивості та знизити собівартість завдяки раціональному використанню загущувача.

**Ключові слова:** пластичне мастило, базова олива, кінематична в'язкість, поліетилен, показник якості, фактор швидкості.

**А. Б. ГРИГОРОВ**

### **ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ БАЗОВОГО МАСЛА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РЕЦИКЛИНГОВЫХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК**

Представлены результаты лабораторного исследования по определению зависимости между показателями качества пластичных смазок и кинематической вязкостью базового масла на примере рециклинговых масел, которые получены из отработанных смазочных масел. В качестве загустителя использовался вторичный полиэтилен низкого давления в концентрации 5 % (масс.). Установлено, что полученные зависимости между определенными показателями качества масла и кинематической вязкостью базового масла адекватно описываются полиномом второй степени, о чем свидетельствуют очень высокие (0,93-0,99) значения коэффициентов достоверности аппроксимации  $R^2$ . И так кинематическая вязкость базового масла значительно влияет на испаряемость масла, потерю масла при хранении масла и ее реологические свойства. При добавлении одинаковой концентрации загустителя, лучшими свойствами обладала смазка, полученная из высоковязкого трансмиссионного масла. Худшими реологическими свойствами отличалось масло с мало вязкого гидравлического масла. Несмотря на это, кинематическая вязкость базового масла выступает тем фактором в процессе производства пластичной смазки, управляя которым можно формировать его структуру, прогнозировать свойства и снизить себестоимость благодаря рациональному использованию загустителя.

**Ключевые слова:** пластичная смазка, базовое масло, кинематическая вязкость, полиэтилен, показатель качества, фактор скорости.

**A. B. GRIGOROV**

### **INFLUENCE OF BASIC OIL VISCOSITY ON QUALITY INDICATORS RECYCLING PLASTIC LUBRICANTS**

The results of laboratory research on determination of dependence between quality indicators of plastic oils and kinematic viscosity of base oil on the example of recycling lubricants obtained from spent lubricating oils are presented. As a thickener, secondary polyethylene of low pressure was used at a concentration of 5 % (w / w). It was established that the obtained dependences between the determined quality parameters of the lubricant and the kinematic viscosity of the base oil are adequately described by the polynomial of the second degree, as evidenced by the very high (0.93-0.99) values of the coefficients of reliability of the approximation of  $R^2$ . Therefore, the kinematic viscosity of the base oil significantly affects the evaporation of the lubricant, the loss of oil during storage of lubricants and its rheological properties. When added the same concentration of thickener, the best properties were the lubricant obtained from high-viscosity transmission oil. The worst rheological properties differed from the lubricant with a little viscous hydraulic oil. In this regard, the kinematic viscosity of the base oil acts as a factor in the process of production of plastic lubricants, which controls, it is possible to form its structure, to predict the properties and reduce the cost, due to the rational use of the thickener.

**Keywords:** plastic lubricant, base oil, kinematic viscosity, polyethylene, quality index, speed factor.

**Вступ.** Базова олива є основним компонентом пластичних мастил, її вміст у них може доходити до 90 % (мас.), а характеристики, зокрема кінематична в'язкість, суттєво впливають на властивості пластичних мастил. Вибір в'язкості базового компоненту може стати ключовим фактором при підборі сировини для промислового виробництва пластичних мастил, керуючи яким можна визначати якість та властивості кінцевого продукту.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** В пластичних мастилах можуть використовуватися у якості базових олив як мінеральні оливи, так і синтетичні. Сьогодні найбільше поширеними серед базових олив є мінеральні, але застосування синтетичних олив щоро-

ку суттєво збільшується. Це зумовлено тим, що використання синтетичних базових олив дозволяє отримати пластичне мастило з досить широким температурним інтервалом застосування, підвищеною хімічною стабільністю, низькою летючістю та високими протикорозійними властивостями [1].

Для виробництва пластичних мастил можна використовувати також суміші мінеральних і синтетичних базових олив.

Основною фізичною властивістю базової оливи любої природи, яка визначає можливість її застосування в певних умовах, є кінематична в'язкість [2]. В'язкість базової оливи визначає в'язкість пластичного мастила, від якої залежить забезпечення розділу спряжених поверхонь кочення без надлишкового тертя. В'язкість зумовлює товщину змащувального шару

© А. Б. Григоров, 2018

в залежності від навантаження, частоти обертання та контактуючих поверхонь [3].

Відомо, що до підшипнику потрапляє базова олива і загущувач [4], при невідповідності в'язкості базової оливи і швидкості обертання підшипнику він, імовірно, всього, перестане функціонувати. Мала в'язкість зумовлює знос підшипнику, а велика – виникнення у ньому внутрішніх напружень [5].

Відповідно до кінематичної в'язкості базової оливи вибирають і клас мастила за NLGI (National Lubricating Grease Institute), який виступає мірою консистенції пластичного мастила.

У світовій практиці застосування пластичних мастил у підшипниках кочення, широко використовуються метод по вибору в'язкості базової оливи, заснований на факторі швидкості обертання несучих елементів (DN) [6]:

$$DN = N \cdot \frac{D_3 + D_B}{2}, \quad (1)$$

де  $N$  – частота обертання, об/хв.,

$D_3$  – зовнішній діаметр підшипнику у мм,

$D_B$  – внутрішній діаметр підшипнику у мм.

Вирахувавши швидкісний фактор (DN), маючи данні про робочу температуру можна за графіком (ISO) визначити в'язкість базової оливи, яка необхідна для виготовлення пластичного мастила та віднесення його до класу за NLGI.

Слід враховувати те, що при виробництві пластичних мастил в'язкість базової оливи впливає на кількість загущувача, яку необхідно вводити для отримання пластичного мастила певної консистенції та заданими властивостями [7].

Отже, зважаючи на це, можна припустити, що чим вище в'язкість базової оливи, тим менше загущувача потрібно для одержання пластичного мастила з певними властивостями. А по величині кінематичної в'язкості базової оливи можна не тільки визначити галузь застосування мастила, а також прогнозувати його властивості.

#### Викладання основного матеріалу досліджень.

З метою підтвердження даного припущення нами у лабораторних умовах були проведені дослідження, які включали у себе три етапи.

На першому етапі для виготовлення пластичного мастила у якості базової оливи були взяті чотири відпрацьовані змащувальні оливи різного функціонального призначення (моторна олива SAE5W-40 та SAE10W-40, трансмісійна олива SAE90W-140, гідравлічна олива HLP-46). Для видалення механічних домішок та води ці оливи були оброблені на центрифугі зі швидкістю 6000 об/хв. протягом 30 хвилин. У відповідності до стандарту ISO далі була визначена кінематична в'язкість при 100 °C кожної проби оливи. Ця температура була вибрана у відповідності до типу загущувача, який планувалося використовувати. А саме, з урахуванням верхньої межі робочих температур (HTPL), яка є максимальною температурою, при якій пластичне мастило забезпечує штатну роботу підшипнику. При підвищенні робочої температури вище цієї межі

починається стрімке погіршення експлуатаційних властивостей мастила, що у кінцевому підсумку може призвести до змащувального глодання та виходу підшипнику зі строю.

Другий етап включав у себе приготування пластичних мастил на базі чотирьох підготовлених змащувальних олив та подрібнених полімерних побутових відходів. Побутові відходи у вигляді виробів з поліетилену низького тиску використовувались у пластичних мастилах у якості загущувача. Кількість загущувача, що додавався до кожної проби оливи, дорівнювала 5 % (мас.). А отримані таким шляхом пластичні мастила можна назвати рециклінговими мастилами. Тому що основними їх компонентами – базою та загущувачем, виступають промислові та побутові відходи.

Третій етап передбачав визначення деяких з основних показників якості (пенетрація, випаровуваність, колоїдна стабільність) отриманих рециклінгових пластичних мастил та встановлення зв'язку між означеними вище показниками якості рециклінг пластичних мастил та кінематичною в'язкістю базових олив. Проаналізувати отриманий матеріал та зробити висновок щодо застосування цієї інформації у технології виробництва пластичних мастил.

На рис. 1–3 наведено результати лабораторного дослідження по встановленню зв'язку між показниками якості пластичних мастил та кінематичною в'язкістю чотирьох відпрацьованих змащувальних олив, що використовувались як базові при їх приготуванні.

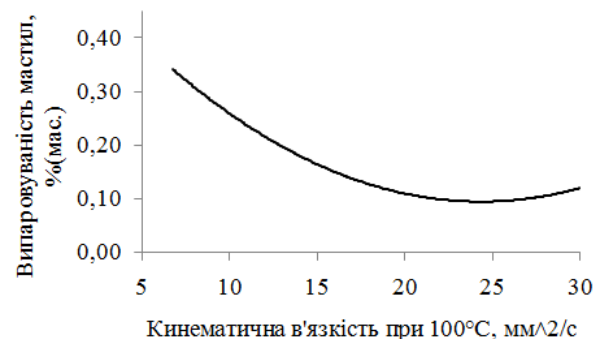


Рис. 1 – Залежність між випаровуваністю мастил та кінематичною в'язкістю базових олив

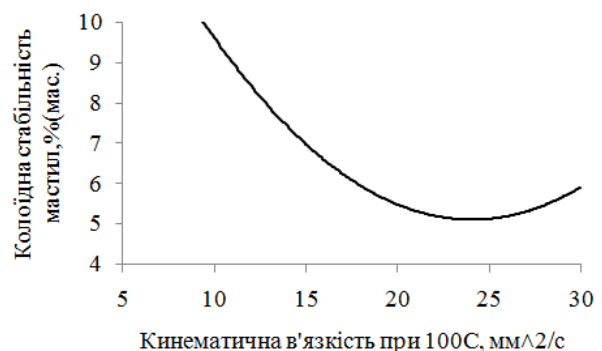


Рис. 2 – Залежність між колоїдною стабільністю мастила та кінематичною в'язкістю базової оливи

Залежності, які наведені на рис. 1–3, показують, що зі збільшенням кінематичної в'язкості базової оливи спостерігається зменшення випаровуваності, колоїдної стабільності та показника penetрації пластичного мастила, що описується поліномом другого ступеня (див. табл. 1). Так, з усіх досліджуваних відпрацьованих базових олив найбільшим значення кінематичної в'язкості при 100 °С володіє трансмісійна олива. Отримане на її основі пластичне мастило володіє найменшими значеннями випаровуваності, колоїдної стабільності та penetрації.

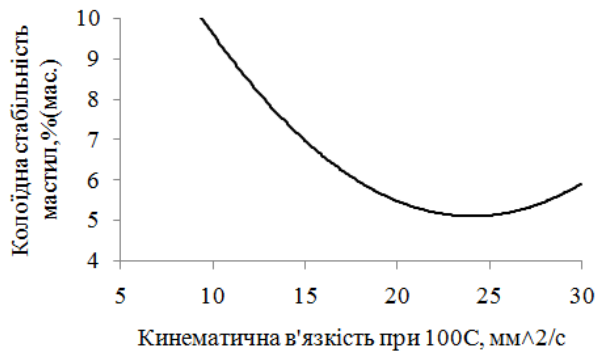


Рис. 2 – Залежність між колоїдною стабільністю мастила та кінематичною в'язкістю базової оливи

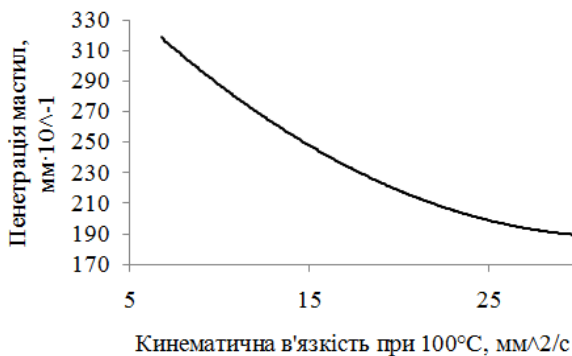


Рис. 3 – Залежність між penetрацією мастила та кінематичною в'язкістю базової оливи

Таблиця 1 – Залежності між показниками якості пластичного мастила та кінематичною в'язкістю базової оливи при  $p = 0,95$

№п/п	Найменування пари показників	Рівняння регресії	R <sup>2</sup>
1	Випаровуваність мастила – кінематична в'язкість оливи	$y = 0,0008x^2 - 0,0039x + 0,5687$	0,99
2	Колоїдна стабільність мастила – кінематична в'язкість оливи	$y = 0,0229x^2 - 1,1005x + 18,33$	0,99
3	Пенетрація мастила – кінематична в'язкість оливи	$y = 0,2x^2 - 12,904x + 12,0$	0,93

І, навпаки, мастило, що отримано на основі гідравлічної оливи з мінімальним значенням кінематичної в'язкості, серед розглянутих олив має найгірші показники якості. Тобто, має підвищену випаровуваність, підвищену

схильність до втрати базової оливи зі складу мастила та досить невисокі реологічні властивості.

На рис. 4–6 наведено залежності між основними показниками якості отриманих пластичних мастил, які були визначенні при проведенні лабораторного дослідження та описується поліномом другого ступеня (див. табл. 2).

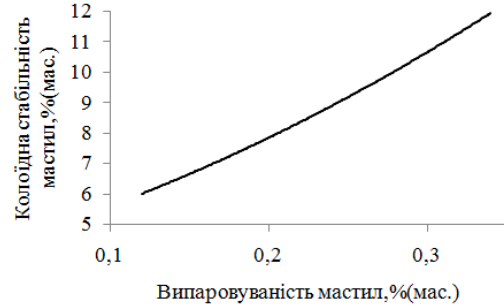


Рис. 4 – Залежність між колоїдною стабільністю та випаровуваністю мастил

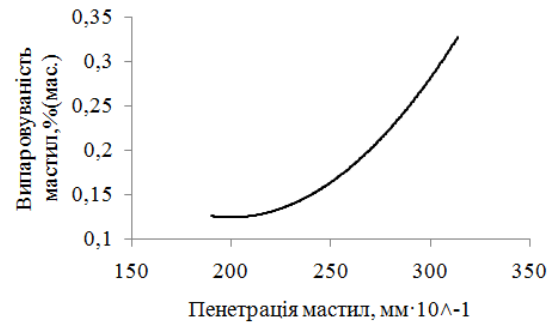


Рис. 5 – Залежність між випаровуваністю та penetрацією мастил

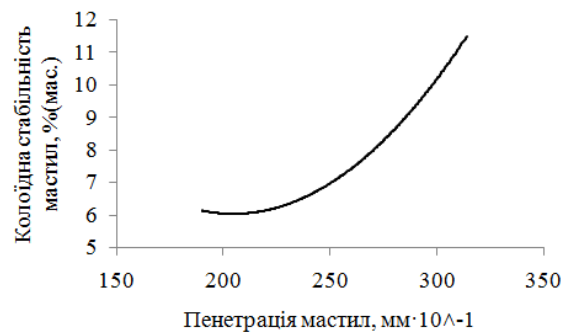


Рис. 6 – Залежність між колоїдною стабільністю та penetрацією мастил

Таблиця 2 – Залежності між показниками якості пластичного мастила при  $p = 0,95$

№	Найменування пари показників	Рівняння регресії	R <sup>2</sup>
1	Колоїдна стабільність – випаровуваність	$y = 28,552x^2 + 13,832x + 3,9367$	0,99
2	Випаровуваність – penetрація	$y = 0,00002x^2 - 0,0062x + 0,748$	0,96
3	Колоїдна стабільність – penetрація	$y = 0,0005x^2 - 18,69x + 25,171$	0,92

Характер залежностей, що приведені на рис. 4–6, незважаючи на те, що дослідження проводилися на

пластичних мастилах, отриманих на базі чотирьох змащувальних олив різного функціонального призначення, підтверджує дані, наведені у роботі [8].

**Висновки.** Встановлено, що отримані залежності між визначеними показниками якості мастил та кінематичною в'язкістю базових олив, а також виключно між показниками якості пластичних мастил адекватно описуються поліномом другого ступеня, про що свідчать дуже високі (0,92–0,99) значення коефіцієнтів достовірності апроксимації  $R^2$ . Отже кінематична в'язкість базових олив значно впливає на випаровуваність мастил, втрату оливи при зберіганні мастил та її реологічні властивості.

Також слід відмітити, що рециклінгові пластичні мастила характеризуються невисокими значеннями випаровуваності у порівнянні з класичними пластичними мастилами. Це є дуже позитивним моментом, який свідчить про незначну втрату змащувального матеріалу – базової оливи при експлуатації підшипнику.

При додаванні однакової концентрації загущувача на рівні 5 % (мас.) найліпшими властивостями володіло мастило, отримане з високов'язкої трансмісійної оливи. Найгіршими реологічними властивостями відрізнялося мастило з мало в'язкої гідравлічної оливи. Отже, кінематична в'язкість базової оливи виступає тим фактором у процесі виробництва пластичного мастила, керуючи яким можна формувати його структуру, прогнозувати властивості та знизити собівартість завдяки раціональному використанню загущувача.

#### Список літератури

1. Lubricant Chemistry, Technology, Selection, and Design. Syed Q. A. Rizvi. Published by ASTM International, 2009. p.635.
2. Манг Т. Смазки. Производство, применение, свойства: справочник. СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. 944 с.
3. Waldemar M. Dmochowski, Martin N. Webster. The Effect of Lubricant Viscosity-Temperature Characteristics on the Performance of Plain Journal Bearings. World Tribology Congress III, Volume 2, Washington, D.C., USA, September 12–16, 2005. pp. 181–182.
4. H. Åström, O. Isaksson and E. Höglund. Video recordings of an EHL point contact lubricated with grease. Tribology International, 24(3):179–184, 1991.

5. P.M. Lugt, S. Velickov and J.H. Tripp. On the chaotic behaviour of grease lubrication in rolling bearings. STLE Tribology Transactions, 52:581–590, 2009.
6. Don M. Pirro, Ekkehard Daschner Lubrication Fundamentals. Marcel Dekker Inc., New York. Basel. 2001. p. 262.
7. Edward Casserly, Timothy Langlais, Staci P. Springer, Anoop Kumar and Bill Mallory. The Effect of Base Oils on Thickening and Physical Properties of Lubricating Greases Lube magazine no.144 april 2018. P. 32–37.
8. Григоров А.Б. Дослідження кореляційного зв'язку між показниками якості рециклінгових пластичних мастил // Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2018. № 18 (1294). С. 53–56.

#### References (transliterated)

1. Lubricant Chemistry, Technology, Selection, and Design. Syed Q. A. Rizvi. Published by ASTM International, 2009. p.635.
2. Manh T. Lubricants. Production, application, properties: reference book. St. Petersburg: OCP "Profession", 2010. 944 p. (Rus. ed.: Manh T. Zmashchennya. Vyrobnnytstvo, zastosuvannya, vlastyvoli: dovidnyk. SPb.: TSOP «Profesiya», 2010. 944 p.).
3. Waldemar M. Dmochowski, Martin N. Webster. The Effect of Lubricant Viscosity-Temperature Characteristics on the Performance of Plain Journal Bearings. World Tribology Congress III, Vol. 2, Washington, D.C., USA, September 12–16, 2005. pp. 181–182.
4. H. Åström, O. Isaksson and E. Höglund. Video recordings of an EHL point contact lubricated with grease. Tribology International, 24(3):179–184, 1991.
5. P.M. Lugt, S. Velickov and J.H. Tripp. On the chaotic behaviour of grease lubrication in rolling bearings. STLE Tribology Transactions, 52:581–590, 2009.
6. Don M. Pirro, Ekkehard Daschner Lubrication Fundamentals. Marcel Dekker Inc., New York. Basel. 2001. p.262.
7. Edward Casserly, Timothy Langlais, Staci P. Springer, Anoop Kumar and Bill Mallory. The Effect of Base Oils on Thickening and Physical Properties of Lubricating Greases Lube magazine no. 144 april 2018. P.32–37.
8. Gryhorov A.B. Doslidzhennya korelyatsiynoho zv'yazku mizh pokaznykamy yakosti retsyklinhovyykh plastychnyykh mastyl [Investigation of the correlation between quality indicators of recycling plastic oils] // Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu «KHPI». Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya u naukovykh robotakh studentiv, 2018. № 18 (1294). P. 53–56.

Надійшла (received) 25.10.2018

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Григоров Андрій Борисович (Григоров Андрей Борисович, Grigorov Andrey Borisovich)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій переробки нафти, газу та твердого палива, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5370-7016>; e-mail: [grigorovandrey@ukr.net](mailto:grigorovandrey@ukr.net)