

У роботі представлені результати дослідження залежності інтенсивності зношування для пари бронза - сталь від вмісту компонентів мастильної композиції на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи. Показано, що при мінімальному вмісті сірки, трифенілфосфіну та бензотриазолу і високому вмісті дифенілтіосечовини у композиції спостерігаються мінімальні значення інтенсивності зношування оловофосфорної бронзи

Ключові слова: зношування, сталь, бронза, олива, присадка, концентрація, ріпакова олія, сірка

В работе представлены результаты исследований зависимости интенсивности изнашивания для пары бронза – сталь от содержания компонентов смазочной композиции. Показано, что при минимальном содержании серы, трифенилфосфина, бензотриазола и высоком содержании дифенилтиомочевини в композиции интенсивность изнашивания оловянисто-фосфористой бронзы минимальная

Ключевые слова: износ, сталь, бронза, масло, присадка, концентрация, рапсовое масло, сера

# MULTICOMPONENT COMPOSITIONS OF SULPHURIZED RAPESEED OIL FOR LUBRICATION OF BRONZE – STEEL PAIR

**O. Kuzyshyn**

Lecturer\*

E-mail: olyaihua@mail.ru

**H. Sirenko**

Doctor of Technical Sciences

Professor\*

E-mail: orijant@gmail.com

**L. Midak**

Candidate of Chemical Sciences

Assistant Professor\*

E-mail: lilyaif@mail.ru

\*Department of Inorganic and Physical Chemistry  
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University

57 Shevchenka Street, Ivano-Frankivsk city, Ukraine, 76025

## 1. Introduction

The up-to-date state with the use of plant oils as lubricants – lube oils, plastic lubricants, lubricating and cooling technology means (LCTM), lube dopes, cakes and coatings – and their chemistry and technology research, as well as developing a composition on their basis is being stimulated by exhausting the known mineral oil fields. Besides, mineral and synthetic lubricants used in modern technology are powerful contaminants of the environment. Basic mineral and synthetic oils, their thickeners and specialty additives have a low biodegradability rate and are often toxic. Plant oils and fats as a basis for lubricating materials are becoming competitive against lubes derived from petroleum, gas and coal because of an easy raw restoring, their non-toxicity and almost 100 % biodegradability.

The advantage of biological safety of plant oils over mineral and synthetic ones is characterized by:

- 1) high solubility in water of the former (for example, for refined rapeseed oil – 0.1 %) and low solubility of the latter (for petroleum oils and synthetic esters – 0.01%);
- 2) high biodegradability after 7 days, for refined rapeseed oil it is 98%, for petroleum oil it is only 25%;
- 3) high biodegradability after 21 days, for refined rapeseed oil it is 100%, for petroleum oil it is only 45%;
- 4) chemical absorption of oxygen (CAO) by refined rapeseed oil makes up 2.6-2.7  $10^6$  mg/l, for petroleum oil it is 2.0-2.9  $10^6$  mg/l;

- 5) Biological absorption of oxygen (BAO) by refined rapeseed oil makes up 1.5  $10^6$  mg/l, for petroleum oil it is 0.45  $10^6$  mg/l/.

Thus, correlation of CAO/BAO for refined rapeseed makes up 1.7-1.8 and for petroleum oil it's only 4.4-6.4, which is a significant advantage of rapeseed oil over mineral lubes. These advantages are replenished by toxicity tests for water organisms and the influence on higher plants in soils.

## 2. Problem statement

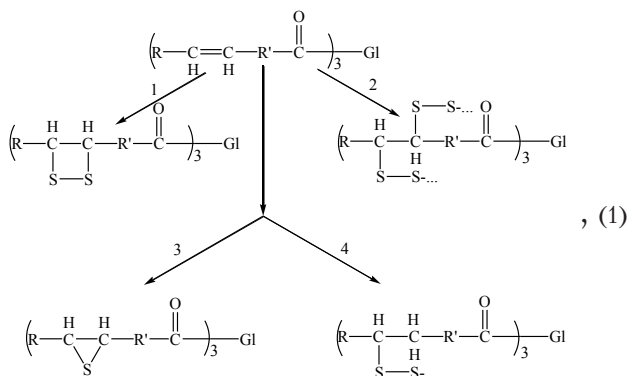
Rapeseed oil significantly excels mineral and synthetic oils in ecological properties [1, 2], but has a chain of essential disadvantages: high chemical activity, and therefore, thermodynamic instability, first of all, at the expense of a big number of unsaturated bonds in the structure of acids' triglycerides; insufficient for disperse environment viscosity; relatively low anti-tearing and wear-resistant properties and protection of metal surfaces from welding at the points of contact during friction and wearing out [3].

Effective method of modification of rapeseed oil glycerides is introduction into their structure of tribochemically active elements S, P, Cl, that along with forming of high anti-tearing and wear-resistant properties, improve oils' resistance to oxidation [1, 4].

Technology of sulphidation of rapeseed oil is reviewed in [3, 5 – 7], properties of the received products – in [8 – 12],

influence of sulphur concentration on products' properties – in [3, 5 – 7, 13, 14], and structure of compositions – in [15 - 18].

In the process of sulphidation occurs modification of carbon acid residues of rapeseed oil glycerides that can be achieved in different ways: a) conversion of unsaturated residues into saturated through the reactions of addition; b) cross-linking of certain part of acid residues, intra- and intermolecular, increasing molecular weight of rapeseed oil triglycerides, and therefore, its viscosity; c) introduction of sulphur atoms into the structure of acid residues. Thus, the essence of chemical modification of oil triglycerides can be approximately presented by such schemes of intra- and intermolecular reactions:



where Gl – glycerine residues of oil triglycerides.

Depending on mass percentage of sulphur introduced during oil sulphidation, it is possible to predict formation of products that vary in viscosity. Thus, introduction of more than 12% of sulphur causes formation of very viscous, and further, quasi-solid products (25%) at the expense of cross-linking of acid residues both by plane and dimensional sulphide and polysulphide groups.

However, it turned out [3] that sulphurized oil also has certain disadvantages, such as insufficient wear-resistant and welding-resistant properties during application in heavy-duty pairs like steel-steel, steel-bronze. With purpose of increasing of antifriction properties of lubrication compositions based on sulphurized rapeseed oil or its mixtures with mineral oils, there was proposed in [15] introduction into their structure of a number of universal additives whose concentration (%) can vary depending on destination of composition: sulphur 1-25%, diphenyl sulphourea 0,1-3,2%, triphenylphosphine 0,1-1,7%, benzotriazole 0,1-1,7%.

### 3. Work objective

Research objective was to find dependency of tin plated phosphor bronze surface wear rate during friction on steel 45 on mutual influence of the components of chemically modified rapeseed oil.

### 4. Experimental part

**4.1. Technology of preparation of composition** is explained in [19].

**4.2. Tribotechnical tests.** High sensitiveness of point contact to the processes that accompany friction and wear

induced us to choose for our experiment the scheme of contact of adjacent surfaces “sphere – plane”. Research of functional properties of oils for pair tin plated phosphor bronze 6,5 – 0,15 – steel 45 was performed using three pin tribometer KhTI-72. Three pin friction machine [20, 21] had three cylinder pins of 10±0,1 mm in diameter and 15±0,05 mm in depth with rounded end of r<sub>c</sub>=6,35 mm in radius, obtained with help of shaping cutter on lathe, with butt-ends sliding on steel 45 (HB 4,45 HPa; Ra<sub>0</sub>=0,3±0,05 Mm), speed v=0,5 m/s, friction sections – 0...10 km – first phase and 10...25 km – second phase. Breaking in was done without lubrication till obtaining of wear scar of the samples of (2±0,1) in diameter provided normal load for one sample of 50 N. After breaking in metal surface was cleaned again till Ra<sub>0</sub>=0,2±0,02 Mm.

Onto the metal surface was applied about 1 mm layer of oil. Conditions during the experiment performance: first stage – normal load for one butt-end was 200 N; second stage – normal load for one butt-end 350 N, temperature measured in 1 mm from the surface of the counterbody was 50±2°C.

According to the pressure scheme sphere-plane for steel, constant specific loads varied from the initial pressure p<sub>0</sub>=64 MPa << HB (for tin plated phosphor bronze 6,5-0,15 HB 863 MPa) to pressure p<sub>K</sub>.

**4.3. Experiment planning.** We used the central composition rotatable plan of the second order for four factors [22 – 24]: mass percentage of sulphur (S) (X<sub>1</sub>), diphenyl sulphourea (X<sub>2</sub>), triphenylphosphine (X<sub>3</sub>), benzotriazole (X<sub>4</sub>). Factors and variance levels are provided in Tabl. 1. As response function Y<sub>1</sub> was chosen specific wear rate (mm<sup>3</sup>/N·m) (for pair bronze (tin plated phosphor bronze) 6,5-0,15 – steel 45). Experimental model – polynomial of the second order. Hypothesis of significance of model coefficients was verified using Student’s test [24], (insignificant coefficients as compared with experiment deviation were discarded with α=0,05), model adequacy at the level of dispersion of reproduction with α=0,05 was checked using Fisher test [23, 25].

Table 1

Factors and variance levels

Quantity factors	Components' content, mass percentage			
	S (X <sub>1</sub> )	DPhSU (X <sub>2</sub> )	TPhP (X <sub>3</sub> )	BTA (X <sub>4</sub> )
Base level (0)	6	1,7	0,9	0,9
Variance interval	2,5	0,75	0,4	0,4
Upper level (+1)	8,5	2,45	1,3	1,3
Lower level (-1)	3,5	0,95	0,5	0,5
Upper «star point» (+2)	11	3,2	1,7	1,7
Lower «star point» (-2)	1	0,2	0,1	0,1

### 5. Results and discussion

After realization of experiment plan and statistical analysis there was obtained an adequate equation in code values of factors as follows:

$$\begin{aligned}
 Y_2 \cdot 10^6 = & 0,13 + 0,0448X_1 + 0,0259X_2 + \\
 & + 0,0207X_3 + 0,0296X_4 + 0,0274X_2X_3 + \\
 & + 0,03275X_2X_4 + 0,013X_2^2 + 0,0105X_4^2
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Analysis of equations using invariant determination of the figure center and type of surface [23] has shown that for specific wear rate dependency of response function on three factors at the fixed value of the fourth factor was presented by two-sheeted hyperboloids.

When choosing optimal parameters we construct two-dimensional cross-sections of response function (2) for fixed values of two factors that enables to get an idea regarding regularity of change of optimization criterion at varying factors. For this, we have fixed each factor on a certain level (-2; 0; +2), and defined coordinates of a new center S, angular displacement of new axes of coordinates  $\alpha$  and transposed the obtained regression equation (2) into canonical as follows:

$$Y - Y_s = B_{jj}X_j^2 + B_{ii}X_i^2. \quad (3)$$

The received results are provided in Tabl. 2.

Canonical equations of response function at fixed values of factors

Coordinates of center and angular displacement	Canonical equation
at $X_1=-2$ ; and $X_3=0$ : S (-0,8; -0,1); $\alpha=42,8^0$	$Y - 0,0277 = 0,0282X_2^2 - 0,0047X_4^2$
at $X_1=0$ ; and $X_3=0$ : S (-0,8; -0,1); $\alpha=42,8^0$	$Y - 0,1173 = 0,0282X_2^2 - 0,0047X_4^2$
at $X_1=+2$ ; and $X_3=0$ : S (-0,8; -0,1); $\alpha=42,8^0$	$Y - 0,2069 = 0,0282X_2^2 - 0,0047X_4^2$
at $X_1=0$ ; and $X_3=-2$ : S (-3,0; 3,3); $\alpha=42,8^0$	$Y - 0,1801 = 0,0282X_2^2 - 0,0047X_4^2$
at $X_1=0$ ; and $X_3=+2$ : S (1,4; -3,6); $\alpha=42,8^0$	$Y - 0,1743 = 0,0282X_2^2 - 0,0047X_4^2$
at $X_1=-2$ ; and $X_4=0$ : S (-0,8; -0,2); $\alpha=32,3^0$	$Y - 0,0283 = 0,0217X_2^2 - 0,0087X_3^2$
at $X_1=0$ ; and $X_4=0$ : S (-0,8; -0,2); $\alpha=32,3^0$	$Y - 0,1179 = 0,0217X_2^2 - 0,0087X_3^2$
at $X_1=+2$ ; and $X_4=0$ : S (-0,8; -0,2); $\alpha=32,3^0$	$Y - 0,2075 = 0,0217X_2^2 - 0,0087X_3^2$
at $X_1=0$ ; and $X_4=-2$ : S (-0,8; 1,8); $\alpha=32,3^0$	$Y - 0,1422 = 0,0217X_2^2 - 0,0087X_3^2$
at $X_1=0$ ; and $X_4=+2$ : S (-0,8; -2,2); $\alpha=32,3^0$	$Y - 0,1775 = 0,0217X_2^2 - 0,0087X_3^2$

Fig. 1 represents two-dimensional cross-sections of dependency of response functions of specific wear rate for pair tin plated phosphor bronze 4-0,25 – steel 45 on concentration of diphenyl sulphourea (%) and benzotriazole (%) at fixed content values of sulphur and triphenylphosphine.

Analysis of these cross-sections at minimal value of sulphur content ( $C(S)=1\%$ ), (Fig. 1, a)) shows that minimal values of wear rate are observed at minimal concentration of benzotriazole (0,1-0,2%) and high concentration of diphenyl sulphourea in the composition, however the area of low values of response function is very broad and depends on interaction of two factors: concentration of diphenyl sulphourea and benzotriazole, moreover the lines of even values of response functions' minimal values correspond to compositions with high concentration of diphenyl sulphourea and low concentration of benzotriazole or vice versa. Concomi-

tant increase of  $X_2$  and  $X_3$  leads to increase of response function. Increase of sulphur content in the composition leads to increase of minimal values of specific wear rate 10-20 times (Fig. 1, b, c), while coordinates of the new center remain unchanged. The nature of dependency does not change as well, but the area of minimal values narrows and corresponds to the compositions with high concentration of diphenyl sulphourea and minimal concentration of benzotriazole.

At minimal value of triphenylphosphine content (Fig. 1, d) minimal values of response functions are observed in compositions with high concentration of diphenyl sulphourea and benzotriazole content of 0,1-0,5%. Reduction of diphenyl sulphourea concentration and increase of benzotriazole content leads to increase of target function. At low concentration of diphenyl sulphourea in the composition (0,5-1,3%) wear rate does not depend on benzotriazole content, and at high concentration of benzotriazole in the composition it does not depend on diphenyl sulphourea content.

Increase of triphenylphosphine at fixed sulphur content leads to alteration of coordinates of a new center and increase of wear rate. At triphenylphosphine concentration = 1,7% (Fig. 1, e) the minimal values of response function are observed in the compositions with minimal diphenyl sulphourea and high benzotriazole content. At diphenyl sulphourea concentration = 1-2%, and triphenylphosphine concentration = 1,7% wear rate almost does not depend on benzotriazole content.

Maximal values of response function are observed in the compositions with maximal content of diphenyl sulphourea and benzotriazole (in the range of factor space). For low content diphenyl sulphourea and benzotriazole compositions the target function almost does not depend on triphenylphosphine content.

Fig. 2 represents two-dimensional cross-sections of dependency of response functions of specific wear rate for pair tin plated phosphor bronze 4-0,25 – steel 45 on concentration of diphenyl sulphourea (%) and triphenylphosphine (%) at fixed values of sulphur and benzotriazole content. Analysis of these cross-sections at minimal sulphur content (Fig. 2, a) shows that minimal values of response function are observed for broad area of factor space at diphenyl sulphourea concentration (1,5-3,2%) and minimal concentration of triphenylphosphine (0,1-0,3%) or for compositions with high content of triphenylphosphine and low content of diphenyl sulphourea. At sulphur concentration =1% and benzotriazole concentration =0,9% in the range of factor space, wear rate for compositions is  $(0,01-0,08) \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$  and depends on content of triphenylphosphine and diphenyl sulphourea, moreover the lines of even values of response functions correspond to the compositions with high concentration of diphenyl sulphourea and low concentration of triphenylphosphine or vice versa. Concomitant increase of  $X_2$  and  $X_3$  content in the composition leads to increase of target function values approximately 3 times as compared with low content compositions.

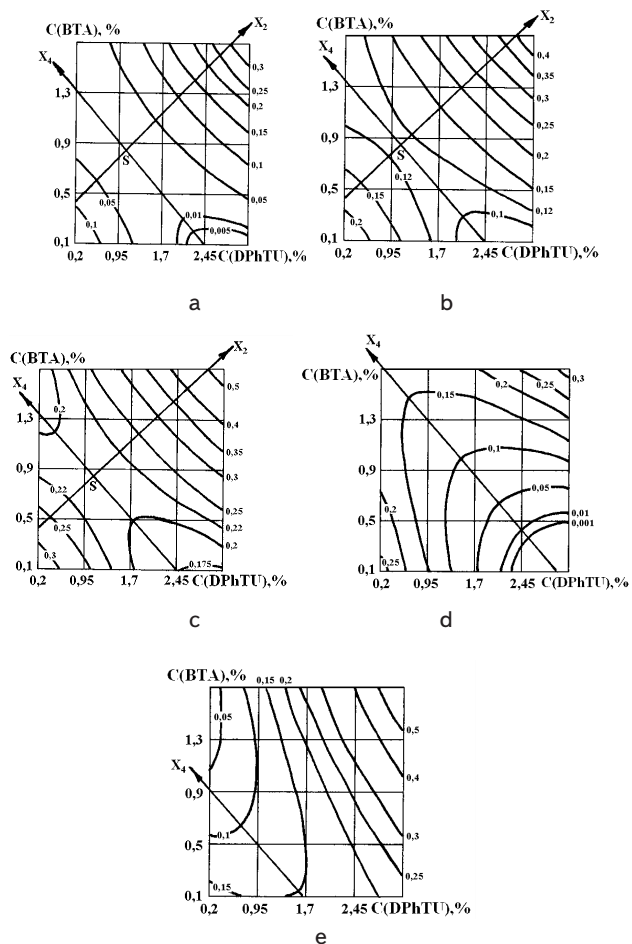


Fig. 1. Two-dimension cross-sections of dependency of response function of specific wear rate (mm<sup>3</sup>/N·m) of tin plated phosphor bronze 6,5-0,15 during friction on steel 45 on concentration of diphenyl sulphourea (%) and benzotriazole (%) at fixed values of sulphur and triphenylphosphine content: a - C(S) = 1%; C(TPhP) = 0,9%; b - C(S) = 6%; C(TPhP) = 0,9%; c - C(S) = 11%; C(TPhP) = 0,9%; d - C(S) = 6%; C(TPhP) = 0,1%; e - C(S) = 6%; C(TPhP) = 1,7%. The curves of even values of response function provide specific wear rate values for bronze sample [mm<sup>3</sup>/N·m]

At concentration of diphenyl sulphourea =1,3-2% wear rate does not depend on triphenylphosphine content. Increase of sulphur content in the composition leads to increase of minimal values Y: 8 times at concentration =6% (Fig. 2, b) and 18 times at concentration =11% (Fig. 2, c), and narrowing of their area. The coordinates of the new center and nature of dependency remain unchanged. Maximal values of response function increase 1,5 times.

At minimal content of benzotriazole (Fig. 2, d) minimal values of target function are observed in the compositions with high content of diphenyl sulphourea. The content of benzotriazole varies in the range from 0,1 to 0,7%. Wear rate for low content diphenyl sulphourea compositions almost does not depend on benzotriazole content. Maximal values of response function are observed for low and high content compositions in terms of benzotriazole and diphenyl sulphourea concentration. Increase of benzotriazole concentration leads to increase of

wear rate (minimal values – 8 times, maximal values – 2,5 times (Fig. 2, e)).

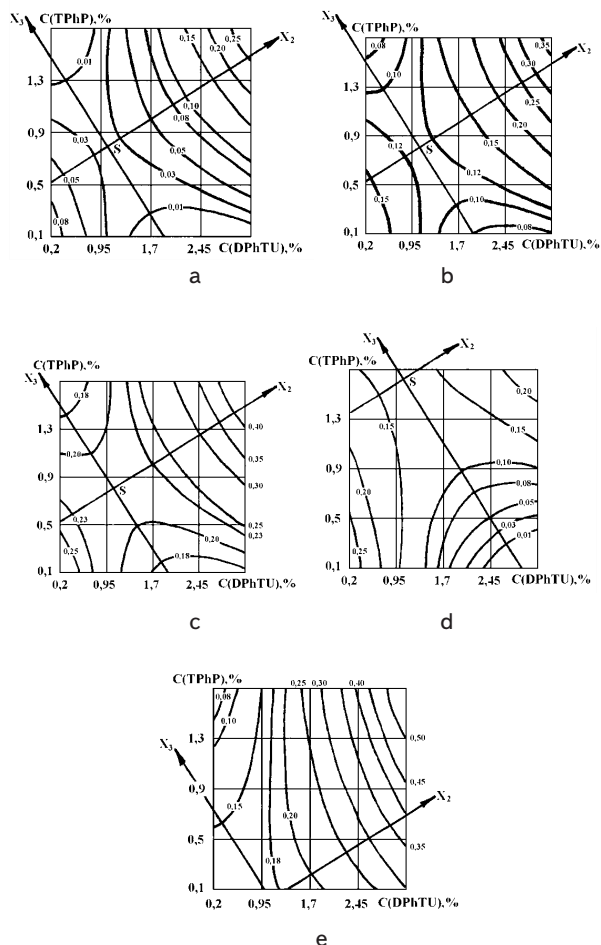


Fig. 2. Two-dimension cross-sections of dependency of response function of specific wear rate (mm<sup>3</sup>/N·m) of tin plated phosphor bronze 6,5-0,15 during friction on steel 45 on concentration of diphenyl sulphourea (%) and triphenylphosphine (%) at fixed values of sulphur and benzotriazole content: a - C(S) = 1%; C(BTA) = 0,9%; b - C(S) = 6%; C(BTA) = 0,9%; c - C(S) = 11%; C(BTA) = 0,9%; d - C(S) = 6%; C(BTA) = 0,1%; e - C(S) = 6%; C(BTA) = 1,7%. The curves of even values of response function provide specific wear rate values for bronze sample [mm<sup>3</sup>/N·m]

The coordinates of the new center shift to the side of lower values of triphenylphosphine content. At concentration of benzotriazole =1,7% the area of minimal values of target function for diphenyl sulphourea high content compositions with low content of benzotriazole (as compared with Fig. 2, d) disappears. Here at, wear rate almost does not depend on triphenylphosphine content.

## 6. Conclusions

1. Minimal values of wear rate of tin plated phosphor bronze are observed at minimal concentration of sulphur, triphenylphosphine and benzotriazole (0,1-0,2%) and high content of diphenyl sulphourea in

- the composition. Increase of sulphur content in the composition leads to increase of minimal values of specific wear rate 10-20 times, and increase of triphenylphosphine content at fixed sulphur concentration – 100 times, and narrowing of the respective area.
- At concentration of sulphur =1% and benzotriazole =0,9% in the range of factor space, wear rate of the materials is  $(0,01 - 0,08) \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$  and depends on triphenylphosphine and diphenyl sulphourea, moreover the lines of even values of response function correspond to lubrication compositions with high concentration of diphenyl sulphourea and low concentration of triphenylphosphine or vice versa. At concentration of diphenyl sulphourea =1,3-2% wear rate does not depend on triphenylphosphine content.
  - In diphenyl sulphourea low content compositions the influence of benzotriazole content on wear rate of the materials was not found as well as there was not found the influence of triphenylphosphine content on wear rate of the materials in high content benzotriazole lubrication compositions.

## Литература

- Евдокимов, А.Ю. Смазочные материалы на основе растительных и животных жиров [Текст] / А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Л.Н. Багдасаров. – М.: ЦНИИТЭИ, 1992. – 47с.
- Фукс, И.Г. Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения [Текст] / И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, А.А. Джамалов // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – 6. – С. 36-38.
- Кириченко, Л.М. Триботехнічні характеристики нових мастильних композицій на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи [Текст] / Л.М. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.І. Кириченко // Наук. зб.: «Всеукр.наук. та проф. тов-ва ім. М.Міхновського». – 1998. – 8. – С. 25-39.
- Фукс, И.Г. Добавки к пластичным смазкам [Текст] / И.Г. Фукс. – М.: Химия, 1982. – 248с.
- Кириченко, Л.М. Оптимізація технології мастильних матеріалів на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи [Текст] / Л.М. Кириченко, Г.О. Сіренко // Наук. зб.: «Всеукр.наук. та проф. тов-ва ім. М.Міхновського». – 1998. – Т. 8. – С. 40-47.
- Дослідження трибомеханічної ефективності нових мастильних композицій на основі модифікованої ріпакової оливи в контексті протизношувально-протизадірних її властивостей [Текст] / Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський, Г.О. Сіренко, В.В. Ковтун // Праці Міжнародного симпозиуму «Трибофатика». – 2002. – Т. 2. – С. 733-738.
- Сіренко, Г.О. Хімічна модифікація ріпакової оливи [Текст] / Сіренко Г.О., Кириченко Л.М. // Тези доповід. Укр. конф. «Актуальні питання органічної та елементарно-органічної хімії та аспекти викладання органічної хімії у вищій школі». – 2002. – С. 15.
- Триботехнічні характеристики нових мастильних композицій на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи [Текст] / Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський // Темат. зб. наук. праць техн.ун-ту Поділля «Проблеми сучасного машинобудування». – 1996. – С. 143-145.
- Кириченко, Л.М. Нові мастильно-охолоджуючі засоби для механічної обробки металів: проблеми одержання і застосування [Текст] / Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський // Вісник ТУП. – 2001. – Т. 3(1). – С. 95.
- Теплотехнічні, триботехнічні і технологічні характеристики мастильних матеріалів на основі нових базових олій [Текст] / Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський, В.В. Ковтун // Проблеми трибології. – 2002. – 1. – С. 34-38.
- Сав'як, О.Л. Дослідження інгібіторного ефекту модифікованої ріпакової оливи [Текст] / О.Л. Сав'як // Тези допов. Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії». – 2005. – С. 198.
- Інгібіторний ефект модифікованої ріпакової оливи та фенольних і хіноїдних похідних бензотриазолу [Текст] / Б.Л. Литвин, Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як, Р.М. Вишневський // Вопросы химии и химической технологии. – 2005. – 4. – С. 144-147.
- Сіренко, Г.О. Вплив концентрації сірки на властивості ріпакової оливи [Текст] / Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як, О.В. Шийчук // Проблеми трибології. – 2005. – 2. – С. 139-146.
- Сіренко, Г.А. Влияние концентрации серы на реологические и триботехнические свойства рапсового масла [Текст] / Г.А. Сіренко, О.Л. Сав'як, А.В. Шийчук // Трение и износ. – 2006. – Т.27(6). – С. 659-664.
- Мастильна композиція [Текст]: пат. 18077А (Україна), МКІ С10М1/28; С10М1/18 / Г.О. Сіренко, В.І. Кириченко, Л.М. Кириченко, В.П. Свідерський. – №95031240; заявл. 20.03.95; опубл. 17.06.97, Бюл. «Промислова власність». – №5. – 1997.
- Пластична паста подвійного призначення для процесів механічної обробки металів [Текст]: пат. №71073 (Україна), МКІ С10М 129/56, С 10М133/08, С10М 135/00 / Кириченко Л.М., Кириченко В.І., Свідерський В.П. – №2003076712; опубл. 15.11.2004, Бюл.№11.
- Спосіб одержання базової оливи для мастильних композицій [Текст]: пат. №65753 (Україна), МКІ С10М 177/00, С 10М111/06, С07С67/00, С07С319/24 / Кириченко Л.М., Кириченко В.І., Свідерський В.П. – №2003043787; опубл. 15.08.2005, Бюл.№8.
- Концентрат-паста подвійного призначення для процесів механічної обробки металів [Текст]: пат. №37362А. – П.р. від 5.03.1999р.
- Зношування металічних поверхонь при мащенні полікомпонентними композиціями на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи [Текст] / Г.О. Сіренко, О.В. Кузіншин, Л.Я. Мідак, Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко // Фізика і хімія твердого тіла. – 2007. – Т.7(3). – С.641-650.



20. Сіренко, Г.О. Зношування твердих тіл при наявності на їх поверхнях наноплівки мастильних матеріалів: оцінка гідродинамічних ефектів та розрахунок товщини плівки [Текст] / Г.О. Сіренко, О.В. Кузишин // Фізика і хімія твердого тіла. – 2005. – Т.5(3). – С.508-514.
21. Гриневиц, Р.В. Специализированные машины трения [Текст] / Р.В. Гриневиц, В.В. Цасюк, А.С. Смирнов // Применение полимерных материалов. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1975. – С. 33-36.
22. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов [Текст] / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340с.
23. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262с.
24. Химмельблау, Д. Анализ процессов статистическими методами [Текст] / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1973. – 412с.
25. Зажигаев, Л.С. Методы планирования и обработки физического эксперимента [Текст] / Л.С. Зажигаев, А.А. Кишьян, Ю.И. Романиков. – М.: Атомиздат, 1978. – 232с.

*Доведено доцільність використання емульсійних технологій замість традиційних «гарячих» методів будівництва і ремонту дорожніх покриттів. Показано можливість одержання бітумних емульсій за ДСТУ Б В.2.7 - 129:2006 на основі поверхнево-активних речовин, які випускають на ЗАТ ЗТОС «Барва». Ці емульсії відповідають вимогам вищевказаного стандарту за однорідністю за залишком на ситі, стійкістю та умовною в'язкістю*

*Ключові слова: бітум, бітумна емульсія, поверхнево-активна речовина, дорожнє покриття, емульсійна технологія*

*Доказана целесообразность использования эмульсионных технологий вместо традиционных «горячих» методов строительства и ремонта дорожных покрытий. Показана возможность получения битумных эмульсий по ДСТУ Б В.2.7 - 129:2006 на основе поверхностно-активных веществ, которые выпускают на ЗАО ЗТОС «Барва». Эти эмульсии соответствуют требованиям вышеуказанного стандарта по однородности по остатку на сите, устойчивостью и условной вязкостью*

*Ключевые слова: битум, битумная эмульсия, поверхностно-активное вещество, дорожное покрытие, эмульсионная технология*

УДК 665.775.5

## ОДЕРЖАННЯ БІТУМНИХ ЕМУЛЬСІЙ НА ОСНОВІ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН ВИРОБНИЦТВА ЗАТ «ЗТОС «БАРВА»

С. В. Пиш'єв

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: gajva@polynet.lviv.ua

Ю. Б. Гриценко

Аспірант\*

E-mail: grytsenko.yura@ukr.net

П. І. Топільницький

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: gajva@polynet.lviv.ua

\*Кафедра хімічної технології

переробки нафти та газу

Національний університет "Львівська політехніка"

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

### 1. Вступ

Покриття автомобільних доріг в процесі експлуатації руйнується під впливом двох груп чинників, внаслідок дії яких відбуваються незворотні зміни властивостей і структури асфальтобетону: механічних і погодно-кліматичних. Причиною механічних пошкоджень є втомні явища дорожніх покриттів, викликані навантаженнями від транспортних засобів та посилені нерівностями проїжджої частини. Це пов'язано з недотриманням вимог до руху транспорту, наприклад, з проїздом важкоабаритних автомобілів (понад 30 тонн) у літній період при температурах вище 30 °С. А також з невідповідністю сучас-

них нормативних документів, що регламентують методи будівництва автошляхів, умовам їх експлуатації [1].

Надмірне руйнування асфальтового покриття внаслідок дії погодно-кліматичного чинника має місце через незадовільні якості в'язучого матеріалу (бітуму) та/або зв'язку з різкими змінами характеристик бітуму під час приготування бітум-мінеральних сумішей. У першому випадку, головним чином, пов'язано це з тим, що показники, які характеризують якість дорожніх бітумів чи бітумів, модифікованих полімерами, часто не відповідають мінімальним необхідним вимогам до них. Наприклад, показник зчеплення зі склом, що лише частково може характеризувати адгезійні властивості бітумів, тільки визначається, але не нормується; згідно