

УДК 620.193.91:62-182.38

В. В. ПЕРЕМІТЬКО<sup>1</sup>, В. Д. КУЗНЕЦОВ<sup>2</sup>, Є. О. ЧЕРЕДНИК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Дніпродзержинський державний технічний університет, Україна

<sup>2</sup>Національний технічний університет України «КПІ», Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

*На підставі побудови епюр зношення проаналізовано характер зміни контуру контактних деталей - опорних котків та ланок. Встановлено, що зношення ланок асиметричне, найбільше за величиною спостерігається із зовнішнього та внутрішнього боку бігової доріжки. Тертя ланок та котків інтенсифікується через різницю у кроці кріплення осей цих деталей. Запропоновано встановлювати двобортним перший (передній) опорний коток, що забезпечує зменшення зношення реборд більшості котків з обох боків.*

**Ключові слова:** профілограф, епюри зношення, кінетика зношування, кількісна оцінка, дослідне встановлення котків.

**Вступ.** У порівнянні з колісними гусеничні машини мають підвищену металосмість ходової частини, яку вирізняє складність конструкції та великі витрати часу на технічне обслуговування. До деталей ходової частини гусеничних машин (ХЧДМ) відносять ведучі і напрямні колеса, опорні котки, підтримувальні ролики, рами, ходові візки, ресори, гусеничні стрічки, передні мости тощо [1].

В процесі роботи машини погіршення її технічного стану пов'язують з поступовим зношуванням сполучень. Деталі ХЧДМ експлуатуються в умовах інтенсивного ударно-абразивного зношування і визначають тривалість міжремонтних циклів роботи рушія [2,3]. Процес зношування залежить також і від цілого ряду випадкових чинників, до яких відносяться: нестаціонарний режим роботи машини, коливання властивостей матеріалів деталей, дія навколишнього середовища і так далі. Характер зміни і ступінь дії цих чинників важко передбачити наперед. Тому процес накопичення зносу деталей машин характеризується великим розсіюванням [4].

Слід однак зазначити, що дотепер особливості роботи деталей ходової частини не систематизовані.

Виходячи з вищевикладеного, актуальним є створення нового, адаптаційного підходу до розробки технології відновлення деталей ходової частини з огляду на умови наступної експлуатації дорожніх машин та характер зношування деталей гусеничного рушія [5,6].

**Мета роботи** – аналіз характеру навантаження деталей ходової частини в типових режимах роботи гусеничних машин та вивчення особливостей зношування елементів гусеничного рушія.

**Матеріали та методики досліджень.** Характер зношування ланок гусеничної стрічки оцінювали за зміною висоти в обраних характерних перерізах та за зміною поперечного перерізу.

Для заміряння зношення ланок було виготовлено профілограф (рис.1), який складається з основи 1 з вертикальною стійкою 2, якою переміщується вертикальний повзун 3 з екраном 4, де закріплено міліметровий папір для реєстрації вимірювань.

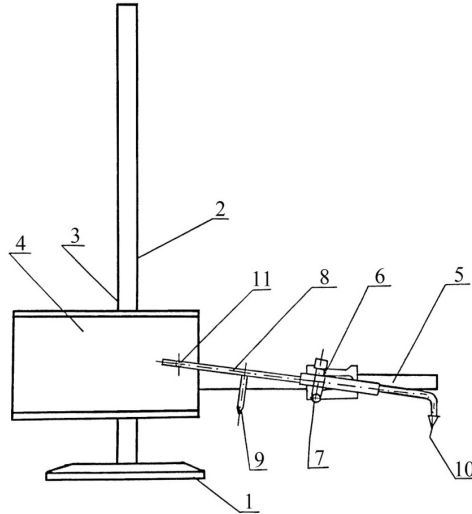


Рис.1. Профілограф

До повзуна 3 прикріплено горизонтальну рейку 5 з рамкою 6, яка споряджена віссю для обертання двохплечевого важеля 8, що має з одного боку щілини 9 та 10, а з іншого – підпружинений олівець для реєстрації зносу на екрані 4. Змінюючи плечі важеля, можна змінювати масштаб реєстрації зношення. Профілограф кріпиться струбциною до внутрішнього боку трака вимірюваної ланки.

Для заміряння зносу ланок було обрано п'ять бульдозерів, на яких з кожного боку було відмічено по п'ять пар ланок (внутрішня та зовнішня) для заміряння зношення. Вимірювання виконувалися через кожні 250...300 годин роботи машини, починаючи з установки нових гусеничних стрічок аж до їх повного вибраковування. Профілограми, зняті зі зношених ланок, реєструвалися за номерами машин та за видом виконуваної роботи.

Одночасно зі зносом ланок по біговій доріжці вимірювалося зношення ланки по висоті у трьох перерізах (рис.2). Переріз I та III обрані за місцем встановлення втулок, а переріз II – посередині ланки.

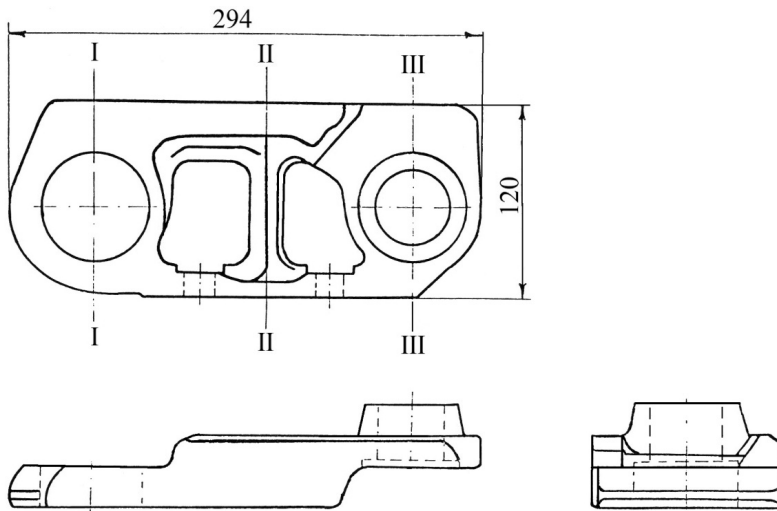


Рис.2. Ланка гусениці

За результатами замірів зношення у зазначених перерізах було обчислено середню арифметичну величину  $\bar{x}$  :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_m}{\sum m}, \quad (1)$$

де  $m$  – частота варіантів  $x$ .

Для більш повної характеристики результатів вимірювань визначали середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

а потім коефіцієнт варіації:

$$\nu = \frac{\sigma}{\bar{x}}. \quad (3)$$

Зношення ланок за профілографами визначали за епюром, обмеженим початковим та фіксованим контуром ланки, у відповідних перерізах (I-I, II-II, III-III).

Зношення котків визначали мікрометруванням діаметру реборд та відніманням отриманих значень від початкового діаметру реборди котка. Зношення робочої поверхні бігової доріжки визначали за числовими оцінками, що знімалися у діаметральній площині шляхом заливки в'язкої маси (алебастру) у гумову "стінку". Контрольована поверхня попередньо очищувалася та оброблялася (змочувалася) касторовою олією. Зношення реєстрували накладанням зліпків на початковий шаблон котка. Схему отримання гіпсового зліпку наведено на рис.3.

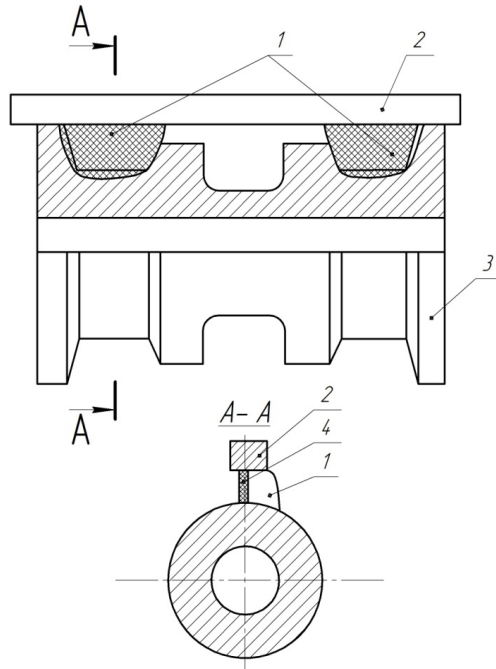


Рис.3. Схема отримання гіпсового зліпка: 1 – гіпсовий зліпок; 2 – лінійка; 3 – коток; 4 – гумова підкладка, «стінка»

Кількісно зношування котків оцінювали за лінійним зносом у характерних перерізах, а також за сумарним зношенням, що виражалось площею у межах епюри зношення. Ступень зношення  $f$  реборди у загальному зношенні котка  $F_{\Sigma}$  оцінювали відношенням відповідних площ, тобто

$$F = \frac{F_p}{F_{\Sigma}} \quad (4)$$

де  $F_p$  - площа зношення реборди у межах її геометричного обрису.

Заміри зношення котків проводили через 250...3000 годин роботи бульдозера (5-6 разів). Площі зношення визначали за допомогою профілометра-профілографа.

**Основний зміст і результати роботи.** На підставі обробки статистичних даних вимірювання зношення ланок, демонтованих при ремонті гусениць, отримані гістограми розподілу бракувального зношення у характерних перерізах. Статистична обробка даних зношення 198 ланок показала, що гістограми розподілу зношування за контрольними перерізами якісно близькі одна до одної та відповідають нормальному закону розподілу. Підставою для цього є мале значення коефіцієнту варіації ( $v = 0,53$ ).

Встановлено, що бракувальне зношення ланок складає 3...4 мм при частотах розподілу 33, 22 та 21 % у перерізах I, II та III відповідно при обсязі вибірки 184 вимірювання у кожному перерізі. Встановлено, що найбільше зношення ланок спостерігається із зовнішнього та внутрішнього боку бігової доріжки.

Бульдозер №1 після місячного напрацювання виконував розкриття чорнозему з переміщенням; облаштування схилів до 20 м та розробку кавальєрів (супіски, суглинки). На розкритті чорнозему ланки виробляли заданий ресурс (1800...2000 год.) при граничному зношенні в осьовому перерізі 10 мм. Інтенсивність зношування в цих умовах найменша. При облаштуванні схилів та розробці кавальєрів ресурс ланок складає 800 год.

Зношення ланок за перерізом має асиметричний характер з випередженням навантажених частин головок ланок. Останнє можна пояснити впливом поперечного перекосу гусеничного полотна у вертикальній площині відносно осей опірних котків.

Зношування збільшується епізодичним контактуванням зовнішньої головки ланки з ребордою при поворотах машини, а також у результаті потрапляння абразивних частинок у зону контакту з боку реборди.

Крім того, зношування ланок та реборд спричиняється вигином гусеничної стрічки у горизонтальній площині. Причинами цього є слабкий натяг гусениці, зношення втулок та пальців та, особливо, різниця у кроці кріплення осей котків та ланок. Співвідношення кроків складає 15...20 мм і допускає вигин гусеничної стрічки на ділянках між опірними котками. При нерівностях ґрунту база машини може спиратися не на всі котки. Внаслідок цього гусенична стрічка отримує можливість вигинатися у горизонтальній і вертикальній площинах, особливо сильно під котком, який вийшов із контакту з нею. При наступному виході на рівну ділянку ланки ковзають по робочих поверхнях котків під кутом, контактуючи боковими поверхнями з ребордами та спричиняючи їх підсилене зношування. Максимальний перекид по горизонталі може сягати в залежності від ступеня зношення ланок та реборд  $8^{\circ}$ . При цьому перекид у разі нових деталей ходового пристрою регламентується величиною  $3^{\circ}$ .

Середня швидкість зношування визначалася при наступних експериментально встановлених показниках: сумарне зношування за час роботи

протягом місяця досяг у середині головки ланки 4,8мм, а із зовнішнього боку - 6,8 мм. За двозмінної роботи місячне напрацювання (чистий час) складає близько 250 год. Тоді середня швидкість зношування у середині головки дорівнює  $1,92 \cdot 10^{-2}$  мм/год, а із зовнішнього боку -  $2,72 \cdot 10^{-2}$  мм/год.

Характер зношення котків бульдозера на базі трактора Т-130 зображено на рис. 4, де представлені епюри зношення котків лівого візка у кінцевому (бракувальному) стані.

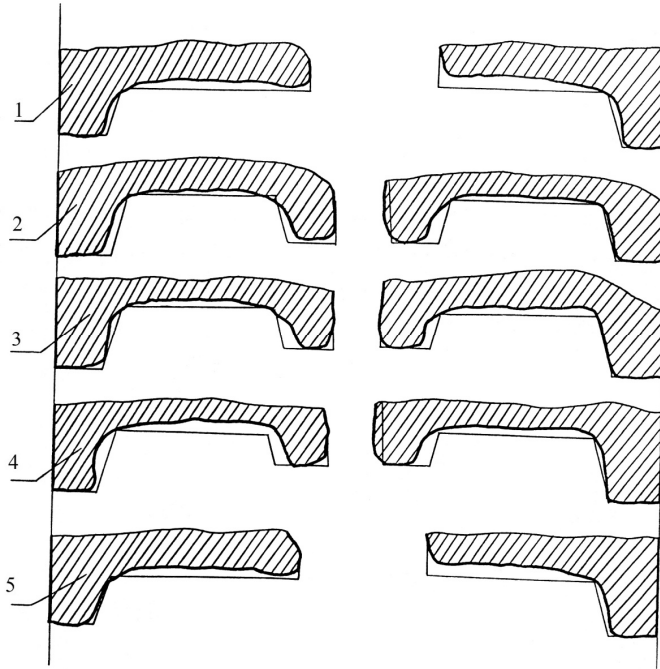


Рис.4. Епюри зношення котків лівого візка бульдозера: 1 - 5 – опірні котки

При початковому діаметрі котків 230 мм їх зношення на бульдозері №1 вимірювали через 250...300 годин роботи 5 разів, на бульдозері №2 - 6 разів. Кінетичні криві зношування котків лівого візка представлені на рис.5.

Менше зношування переднього (№1) та заднього (№5) котків можна пояснити більш направленим їх контактуванням з ланками внаслідок близькості до ведучого та напрямного колеса, де коливання гусеничної стрічки у вертикальній та, особливо, горизонтальній площинах малі. Незначне зношення котків №3 пов'язане, очевидно, з тим, що і тут досягається стійкий рух гусеничної стрічки з малою амплітудою коливань по горизонталі. Можна припустити, що крива розподілу зношування по котках відображає траєкторію коливання гусеничної стрічки по горизонталі. З метою перевірки впливу плавності руху гусеничної стрічки на зношування котків передбачили варіант установки котка №1 двобортним замість серійного однобортного.

Нижче (табл. 1 та 2) наведено порівняльні дані щодо відносного зношення котків у випадках серійного та дослідного розташування котків. У якості еталонного котка прийнятий №3, який підпадає найменшому впливу зовнішніх факторів і зберігає у всіх випадках найменше зношення.

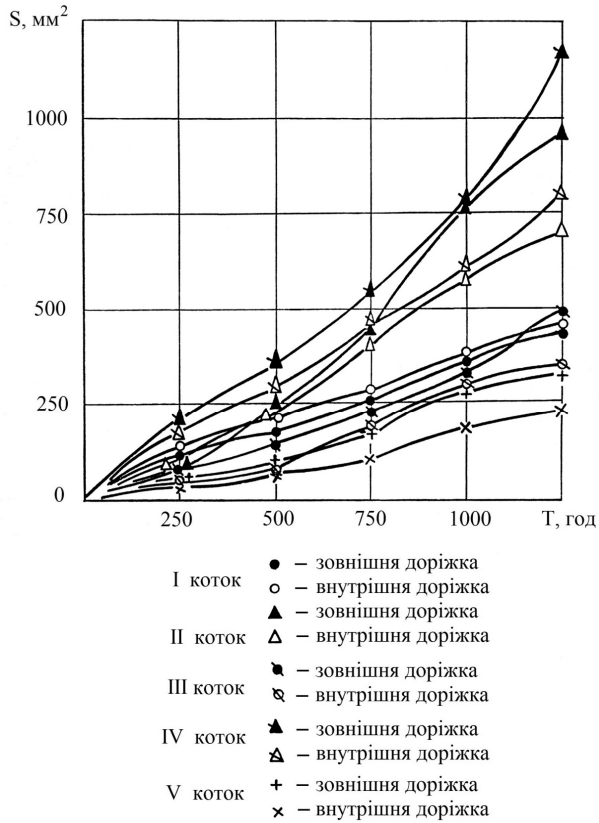


Рис.5. Кінетика зношення котків лівого візка:  $S$  - площа зношення;  $T$  – час випробування  
Таблиця 1

**Відносне зношення котків при їх серійному встановленні\***

№ котка	Лівий візок			Правий візок		
	$i_{\partial}$	$i_{cp}$	$i_{np}$	$i_{\partial}$	$i_{cp}$	$i_{np}$
1	1,15	0,32	0	0,92	0,77	0
	2,80	0,90	0	0,90	0,85	0,86
2	1,92	1,64	3,48	1,50	1,27	1,17
	4,28	3,28	1,33	1,24	0,32	0
3	$1\left(\frac{228}{109}\right)$	$1\left(\frac{137}{110}\right)$	$1\left(\frac{25}{98}\right)$	$1\left(\frac{240}{306}\right)$	$1\left(\frac{402}{471}\right)$	$1\left(\frac{203}{316}\right)$
4	2,98	3,83	12,0	2,16	1,26	1,06
	2,79	2,77	1,64	1,33	0,74	0,10
5	0,48	0,74	0	1,21	0,82	0
	1,59	1,58	0	0	1,06	0

\* $i_{\partial}$ ,  $i_{cp}$ ,  $i_{np}$  – відповідно зношення бігової доріжки, сумарне зношення реборд, зношення зовнішньої реборди. У чисельнику – зношення зовнішнього, а в знаменнику –

внутрішнього боку котків. У дужках – абсолютні значення зношення, мм<sup>2</sup>.

Таблиця 2

## Відносне зношення котків при їх дослідному встановленні

№ котка	Лівий візок			Правий візок		
	$i_d$	$i_{cp}$	$i_{np}$	$i_d$	$i_{cp}$	$i_{np}$
1	2,84	1,86	0	1,27	0,66	0,83
	0,96	0,63	0,11	1,18	0,68	0,44
2	3,02	1,16	0	2,50	0,46	0
	2,41	0,63	0,51	2,13	0,45	0
3	$1\left(\frac{101}{224}\right)$	$1\left(\frac{254}{423}\right)$	$1\left(\frac{0}{173}\right)$	$1\left(\frac{119}{104}\right)$	$1\left(\frac{300}{308}\right)$	$1\left(\frac{140}{107}\right)$
4	4,94	2,45	0	1,40	0,51	0
	3,14	0,54	0	1,90	1,51	1,65
5	4,05	0,53	0	0,27	0,95	1,04
	1,47	0,96	0	1,16	0,47	0

Аналіз табличних даних свідчить про те, що при дослідній установці двобортного котка зношення бігових доріжок із зовнішнього боку котків лівого візка збільшується, а з внутрішнього - зменшується у котків № 1, 2, 5 та несуттєво збільшується у котка №4.

Зношення бігових доріжок котків правого візка характеризується збільшенням із зовнішнього боку на котках №1,2 та зменшенням у котків № 4 і 5.

Із внутрішнього боку котків правого візка бігові доріжки при встановленні двобортного переднього котка зношуються більше.

На правому візку із встановленням двобортного переднього котка зношення зовнішніх бігових доріжок котків №1 і 2 збільшилося, а №4 і 5 - зменшилося. Зношення всіх внутрішніх бігових доріжок збільшилося. Відповідно змінилося сумарне зношення реборд.

Проведеного аналізу виявив, що встановлення двобортного першого котка призводить до зменшення зношення реборд більшості котків з обох боків, але збільшує зношення бігових доріжок. Особливо це проявляється на зовнішніх доріжках усіх котків лівого візка та на внутрішніх доріжках котків №№1,2,4 та 5 правого візка. Отже, наявність двобортного переднього котка зменшує амплітуду коливань гусеничної стрічки у горизонтальній площині та забезпечує її більш плавний рух.

Оскільки зниження зношення бігової доріжки забезпечити технологічно легше, ніж бігових доріжок і реборд, доцільним є встановити двобортним перший коток і, тим самим, підвищити зносостійкість реборд, зберегти робочу форму котка та збільшити ресурс ходової частини.

**Висновки:**

1. На підставі якісного аналізу епюр зношування визначено, що ліві та праві боки котків обох візків зношуються якісно однаково. Ліві боки котків

зношуються більше. На опорних котках правого візка більше зношуються внутрішні реборди, а на опорних котках лівого візка - зовнішні реборди. У напрямку від переднього до заднього котків зношення бігових доріжок та реборд внутрішнього боку правого візка та зовнішнього боку лівого візка збільшується. Реборди передостаннього та заднього котків внутрішнього боку лівого візка та зовнішнього боку правого візка зношуються несуттєво.

2. На підставі аналізу кількісних показників зношування з'ясовано, що найменш зношуваними є котки з непарними номерами (1,3,5), а найбільш зношуваними - з парними (2,4). Максимальне зношення мають передостанні котки (№4), мінімальне - задні (№5).

3. Кінетичні криві зношування можна представити у загальному випадку параболічною функцією; для непарних номерів котків у межах розглянутого напрацювання (1250год.) криву зношування можна апроксимувати лінійною функцією.

4. Дослідне встановлення двобортним першого котка зменшує амплітуду коливань гусеничної стрічки у горизонтальній площині, забезпечує більш плавний її рух та призводить до зменшення зношення реборд більшості котків з обох боків, проте збільшує зношення бігових доріжок.

#### **Список літератури**

1. Васильев Б.С. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов / Васильев Б.С., Долгополов Б.П., Г.Н.Доценко Г.Н. ; под ред. В.А.Зорина. –М.: Мастерство, 2001. – 512 с.
2. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание/ В.Н.Виноградов, Г.М.Сорокин, М.Г.Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
3. Боголюбов Б.Н. Долговечность землеройных и дорожных машин / Боголюбов Б.Н. – М.: Машиностроение, 1964. – 224 с.
4. Воробьев А.А. Развитие работ по восстановлению изношенных деталей / А.А.Воробьев // Цветные металлы. – 1986. – №9. – С.67–68.
5. Перемитько В.В. Адаптационная технология восстановления деталей ходовой части дорожных машин / В.В.Перемитько, Е.А.Чередник // Сварщик. – 2010. – № 4. – С.16–17.
6. Перемитько В.В., Кузнецов В.Д. Урахування гранулометричного складу абразиву при відновному наплавленні деталей ходової частини гусеничних машин// Проблеми тертя та зношування, 2014.- №3(64).- С.125-130.



---

*V. V. PEREMITKO, V. D. KUZNETSOV, Ye. O. CHEREDNYK*

### RESEARCH OF CHASSIS PARTS WEAR PATTERN OF TRACKED VEHICLES

By constructing the wear diagrams was analyzed the change pattern of contact details circuit - rollers and links perceiving biaxial cyclic loading. It has been found that the wear is asymmetric, the largest in magnitude is observed on the outer and inner side of the track link rail. Links and rollers friction is intensified due to the weak tension of tracked vehicles web, sleeves and track pins wear, and especially because of the difference in fastening pitch of rollers and links axes. It has been suggested installing the double flange (front) track roller that reduces the amplitude of tracked vehicles web oscillations and ensures its smoother motion. This reduces the flange wear of the most rollers on both sides. At the same time the increasing wear of track link rail technologically is easily removable.

**Keywords:** surface analyzer, diagrams wear, wears kinetics, quantitative evaluation, rollers pilot plant.

**Кузнецов Валерій Дмитрович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерії поверхні, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, Україна, 03056, E-mail: v.kuznetsov@kpi.ua.

**Перемітько Валерій Вікторович** – канд. техн. наук, доцент кафедри технології та устаткування зварювання, декан металургійного факультету, Дніпродзержинський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, Україна, 51918, тел.: +38 0569 55 18 91, E-mail: welding@dstu.dp.ua.

**Чередник Євген Олексійович** – старший викладач кафедри технології та устаткування зварювання, Дніпродзержинський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, Україна, 51918, тел.: +38 0569 55 21 07, E-mail: welding@dstu.dp.ua.