

Козаченко О.В.

Шкрегаль О.М.

Каденко В.С.

Блезнюк О.В.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка,
м. Харків, Україна
E-mail: o.v.kozachenko21@gmail.com

ПОЛЬОВІ ВИПРОБУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП

УДК 631.316

Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С., Блезнюк О.В. «Польові випробування удосконалених культиваторних лап»

В роботі представлено результати експериментальних досліджень у польових умовах удосконалених культиваторних лап з криволінійною формою та локальним зміцненням леза. Польові випробування проводилися за розробленою методикою шляхом порівняння серійних зразків та експериментальних робочих органів, робочі поверхні яких оснащені елементами локального зміцнення твердосплавним матеріалом з метою формування зубастої поверхні леза при їх зношуванні, що зумовлено взаємодією поверхонь тертя з абразивним ґрунтовим середовищем. В якості дослідних робочих органів використано культиваторні лапи, що мали верхнє та нижнє локально зміцнене лезо. Польові випробування проводили з використанням робочих органів у складі культиваторних агрегатів для суцільного та міжрядного обробітку ґрунту, характеристики якого відповідали встановленим вимогам виконання операцій поверхневого обробітку. Дослідженнями встановлено, що в процесі зношування поверхня леза локально зміцнених лап приймає зубчастий профіль. Так, вже після напрацювання 10 га на одну лапу спостерігається утворення зубчастої поверхні та більш інтенсивна проява такої закономірності за напрацюванням. Значення зносу носка серійної лапи складає 13,2 мм, а експериментальних лап більше значення зносу спостерігається нижнього локального зміцнення леза – 12,9 мм. Величина абсолютного лінійного зносу дослідних зразків при напрацюванні 40 га складала: для серійного – 4,25 мм; з нижнім зміцненням – 2,41 мм і для верхнього зміцнення леза – 2,05 мм. Встановлено, що верхнє локальнє зміцнення леза забезпечує зменшення у 2 рази у порівнянні із серійним зразком і в 1,13 рази – з варіантом нижнього локального зміцнення леза. Найбільше значення вагового зносу при напрацюванні 40 га отримано для серійної лапи – 182 г., для експериментальних культиваторних лап цей показник, відповідно, складає: 114,5 г. – для лапи з нижнім локальним зміцненням леза і 98,5 г. – для експериментальної лапи з верхнім локальним зміцненням леза.

Ключові слова: культиваторна лапа, випробування, зношування, знос, локальнє зміцнення, зубчасте лезо, самозагострювання.

Козаченко А.В., Шкрегаль А.Н., Каденко В.С., Блезнюк О.В. «Полевые испытания усовершенствованных культиваторных лап»

В работе представлены результаты экспериментальных исследований в полевых условиях усовершенствованных культиваторных лап с криволинейной формой и локальным упрочнением лезвия. Полевые испытания проводились по разработанной методике путем сравнения серийных образцов и экспериментальных рабочих органов, рабочие поверхности которых оснащены элементами локального упрочнения твердосплавным материалом с целью формирования зубастой поверхности лезвия при их износе, что обусловлено взаимодействием поверхностей трения с абразивной почвенной средой. В качестве исследовательских рабочих органов использовано культиваторные лапы, имевшие верхнее и нижнее локально упрочненное лезвие. Полевые испытания проводили с использованием рабочих органов в составе культиваторных агрегатов для сплошной и междурядной обработки почвы, характеристики которых отвечали установленным требованиям выполнения операций поверхностной обработки. Исследованиями установлено, что в процессе износа поверхность лезвия локально упрочненных лап принимает зубчатый профиль. Так уже после наработки 10 га на одну лапу наблюдается образование зубчатой поверхности и более интенсивное проявление такой закономерности по наработке. Значение износа носка серийной лапы составляет 13,2 мм, а экспериментальных лап большее значение износа наблюдается нижнего локального упрочнения лезвия - 12,9 мм. Величина абсолютного линейного износа опытных образцов при наработке 40 га составила: для серийного - 4,25 мм; с нижним упрочнением - 2,41 мм и для верхнего упрочнения лезвия - 2,05 мм. Установлено, что верхнее локальное упрочнение лезвия обеспечивает уменьшение в 2 раза по сравнению с серийным образцом и в 1,13 раза - с вариантом нижнего локального упрочнения лезвия. Наибольшее значение весового износа при наработке 40 га

получено для серийной лапы - 182 гр., для экспериментальных культиваторных лап этот показатель, соответственно, составляет: 114,5 гр. - для лапы с нижним локальным упрочнением лезвия и 98,5 гр. - для экспериментальной лапы с верхним локальным упрочнением лезвия.

Ключевые слова: культиваторная лапа, испытания, износ, локальное упрочнение, зубчатое лезвие, самозатачивание.

Kozachenko O.V., Shkregal O.M., Kadenko V.S., Bleznyuk O.V. «Field tests of advanced cultivator paws»

The paper presents the results of experimental research in field conditions of advanced cultivar legs with a curvilinear form and a local strengthening of the blade. Field tests were conducted according to the developed method by comparing serial samples and experimental working bodies whose working surfaces are equipped with elements of local hardening with hard alloy material in order to form the tooth surface of the blade when wearing them, which is caused by the interaction of the friction surfaces with the abrasive soil environment. As cultivator legs, the upper and lower locally reinforced blades were used as research working organs. Field tests were carried out using working bodies in the form of cultivator units for continuous and interrow soil cultivation, the characteristics of which met the established requirements for performing operations on surface cultivation.

The field studies of wearing of monometal cultivar paws with a rational profile of the blade have reduced the 1,7 times the linear value and 1,4 times the weight deterioration compared with the standard samples of the cultivar legs. The influence on the speed of wear of paws of the method of local strengthening of the blade has been established. Application of the lower local strengthening of the blade causes a decrease of 1,13 times, and the upper one – 2,0 times the value of linear wear compared to serial working bodies.

The researches have established that in the course of wear, the surface of the blade of locally strengthened paws adopts a toothed profile. Comparative tests of serial and locally strengthened paws with the upper and lower strengthening of the blade have revealed that the value of wearing sock serial paw is 13,2 mm, and in experimental paws the value of wear is observed for a variant with a lower local strengthening of the blade – 12,9 mm. The smallest value of linear wear of a sock is characteristic for a paw with an upper local strengthening, which at a set time is 7,3 mm, which is 1,23 times smaller than in the first variant and 1,8 times smaller - with the second variant.

The value of absolute linear wear of experimental samples of paws after the set time of 40 hectares is: for a serial sample - 4,25 mm; with a lower reinforcement of the blade – 2,41 mm and for a variant of the upper reinforcement of the blade – 2,05 mm. The top local strengthening of the blade provides a reduction in wear by almost 2 times compared with the serial sample and 1,13 times - with the option of lower local blade strengthening.

It was established that in the process of wearing the surface of the blade of the experimental paw takes the toothed profile. Already after the development of 10 hectares per one paw there is a formation of the dentate surface and a more intense manifestation of such a pattern in terms of working time.

The greatest value of weight deterioration at the time of the development of 40 hectares was obtained for a serial foot - 182 g, for experimental cultivar legs, this indicator, respectively, is: 114,5 g for the paw with the lower local strengthening of the blade and 98,5 g for an experimental foot with an upper local blade strengthening.

Keywords: paw of cultivator, test, wear, wear, local strengthening, toothed blade, independent intensifying.

Актуальність проблеми

Однією із основних операцій поверхневого обробітку ґрунту при виробництві сільськогосподарських культур є культивація, що дозволяє формувати раціональні властивості стану середовища за складом для сприятливих умов розвитку культурних рослин та знищення рослин бур'янів [1-3]. При цьому, на сьогодні актуальним напрямком галузевого машинобудування залишається створення ґрунтообробної техніки з високими показниками довговічності, якості обробітку ґрунту та зменшення енерговитрат на виконання технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень

Перспективним напрямком підвищення ефективності ґрунтообробних робочих органів на сьогодні, в тому числі й робочих органів для суцільного й міжрядного обробітку ґрунту, є пошук раціональної форми та методів зміцнення твердосплавними

матеріалами [4-6]. Дослідження у цьому напрямку вказують на можливість реалізації змінного навантаження і силової взаємодії робочого органу та оброблюваного середовища. Зокрема в [6] теоретично доведено можливість приведення ґрунту в оптимальний за щільністю стан шляхом створення в ньому робочим органом ґрунтообробного знаряддя мінімальних нормальних напружень і рівномірних деформацій у всіх напрямках, що вказує на ефективність таких підходів.

В роботах [7, 8] авторами теоретично обґрунтовано раціональну форму та оптимальні параметри локального зміцнення твердосплавним матеріалом леза лапи культиватора, що забезпечує зменшення швидкості зношування при взаємодії з ґрунтовим середовищем. При цьому, доведено, що криволінійна форма леза дозволяє зменшити енергоємність процесу культивації ґрунту [9].

Невирішена частина проблеми

Заключним етапом удосконалення існуючих та створення нових робочих органів ґрунтообробної техніки є їх випробування у виробничих умовах з метою визначення ступеня їх відповідності діючим нормативам за показниками довговічності, якості та енергоємності технологічного процесу обробітку ґрунту.

Формулювання мети дослідження

Мета роботи - експериментально дослідити закономірності зношування та енергоємність удосконалених культиваторних лап.

Методичний підхід дослідження

Польові дослідження були проведені з метою встановлення закономірностей зношування культиваторних лап, леза яких виконані з локальним зміцненням твердосплавним матеріалом електродом Т-590. Дослідження зміцнених та серійних робочих органів культиваторів проводилися у господарстві «Супіна-Агро» Лозівського району Харківської області на культиваторах для міжрядного обробітку ґрунту типу УСМК-5,4 та культиваторах типу КПС-4 - для суцільного обробітку ґрунту, що агрегатували з трактором МТЗ-82. Визначався знос дослідних зразків культиваторних лап в польових умовах за напрацюванням.

При проведенні досліджень на культиваторі для міжрядного обробітку ґрунту серійні та експериментальні робочі органи встановлювали через один грядиль (рис.1), для суцільного обробітку робочі органи одного типу встановлювали на одну половину, а другого типу – на другу половину ґрунтообробної машини, що є припустимим з точки зору силового навантаження на серійні та експериментальні робочі органи культиваторів.

Основний тип ґрунту – чорнозем звичайний середньосуглинистий, робоча швидкість руху культиваторного агрегату змінювалася в межах 1,8...2,2 м/с, середнє значення глибини обробітку ґрунту – 0,12 м, твердість ґрунту на глибині обробітку складала, в середньому, 1,3...1,7 МПа, вологість ґрунту в період випробувань змінювалася в межах – 17,5...24,5%.

В процесі проведення експлуатаційних досліджень робочих органів культиваторів визначалися показники якості виконання технологічного процесу у відповідності з СОУ 74.3-37-155:2004. Для стрілочастих лап культиваторів стандартом передбачено визначення таких показників: глибина обробітку, м; якість рихлення, %; підрізання рослин бур'янів, %. Для оцінки якості виконання технологічного процесу культивації серійними та експериментальними лапами визначалися показники: рівномірність

глибини обробітку загальну, рівномірність глибини обробітку по ходу, якість рихлення, підрізання бур'янів, забивання та залипання робочих органів.

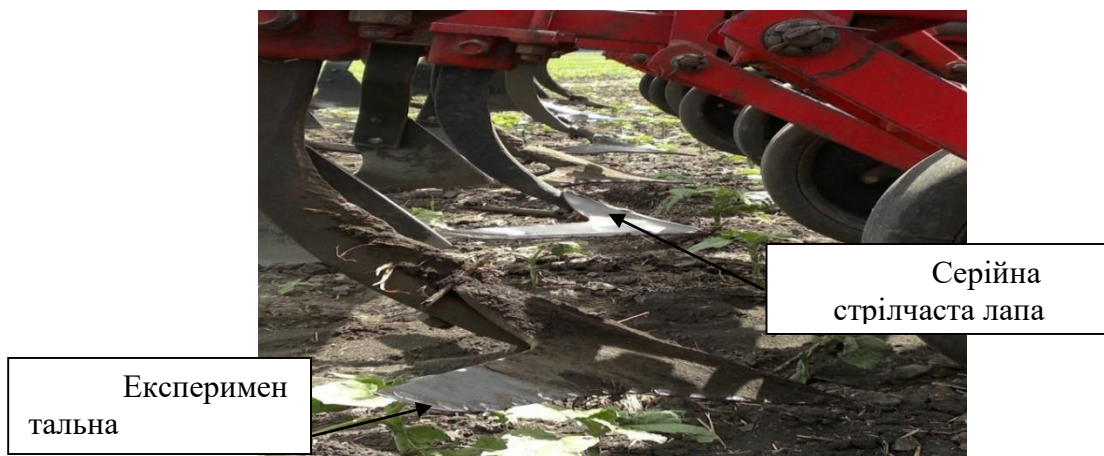


Рис.1. Встановлення експериментальних та серійних лап на культиваторі УСМК-5,4

Контроль величини зносу дослідних зразків культиваторних лап проводили через кожні 5 га напрацювання на одну лапу. Після досягнення встановленої величини напрацювання проводилися вимірювання величини зносу носків лап та абсолютний знос по довжині леза. Визначення лінійного зносу визначали за відомою методикою із застосуванням розробленого пристосування, загальний вид якого представлено на рис.2.

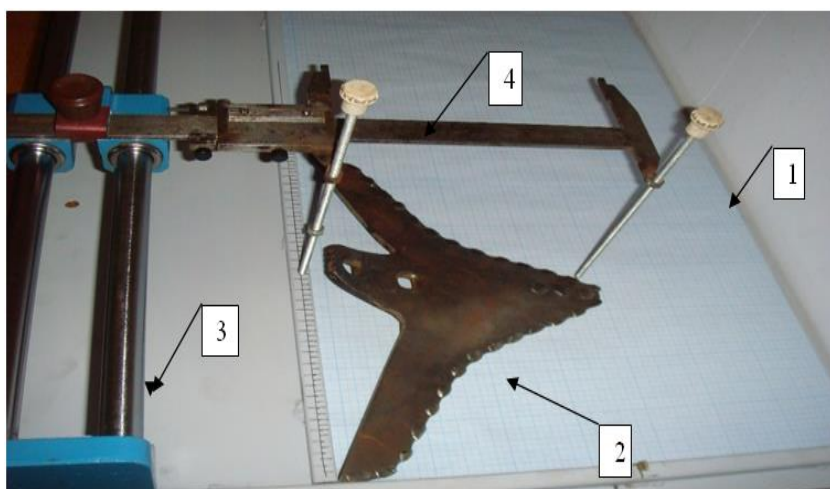


Рис.2 Пристосування для вимірювання лінійного зносу локально зміцненого леза лап:
1 – основа; 2 – дослідна лапа; 3 – напрямна; 4 – вимірювальний пристрій

Вимірювання проводили в наступній послідовності:

- нову лапу культиватора встановлювали на пристосування та відмічали початковий профіль на міліметровій бумазі, що вважалося базою для наступних вимірювань значення зносу;

- після певного напрацювання лапу повторно встановлювали на пристосування та визначали різницю відстаней в обраному напрямку (за напрямком руху лапи) між початковим та поточним контурами.

Цей метод дозволяє спостерігати за динамікою зміни лінійного зносу та форми лап культиватора в процесі експлуатаційних випробувань.

Результати дослідження

Для визначення кількісних характеристик зношування робочих поверхонь культиваторних лап сумарне напрацювання дослідних зразків складало 40 га. Результати вимірювань величини лінійного зносу носків лап та по довжині леза представлено в табл. 1

Таблиця 1

Залежність лінійного зносу культиваторних лап від напрацювання в польових умовах

Напрацювання, га	Лінійний знос лап, мм					
	серійна лапа		експериментальна з нижнім локальним зміцненням леза		експериментальна з верхнім локальним зміцненням леза	
	носок	лезо	носок	лезо	носок	лезо
5	2,90	0,95	2,80	0,50	1,80	0,80
10	5,40	1,85	5,30	0,89	2,80	1,40
15	7,60	2,30	7,30	1,25	3,70	1,65
20	9,40	2,70	9,20	1,53	4,25	1,75
25	10,90	3,10	10,30	1,76	5,00	1,85
30	12,00	3,50	11,30	1,98	5,90	1,95
35	12,70	3,90	12,20	2,20	6,70	2,00
40	13,20	4,25	12,90	2,41	7,30	2,05

З результатів досліджень видно, що найбільшому зношуванню при взаємодії з ґрунтовим середовищем підлягають носки культиваторних лап, це спостерігається для усіх досліджуваних варіантів робочих органів. Така закономірність зношування пояснюється максимальним та концентрованим тиском ґрунту на носову частину.

Залежність лінійного зносу носків серійної та експериментальних культиваторних лап представлена на рис. 3. Можна бачити, що максимальне значення лінійного зносу носка серійної лапи складає 13,2 мм, а експериментальних лап більше значення зносу спостерігається для варіанту з нижнім локальним зміцненням леза – 12,9 мм. Найменше значення лінійного зносу носка характерне для лапи з верхнім локальним зміцненням, яке при встановленому напрацюванні складає 7,3 мм, що в 1,23 рази є меншим у порівнянні з першим варіантом і в 1,8 рази меншим - з другим варіантом. Це можна пояснити розташуванням елементів зміцнення по відношенню до напрямку динамічного тиску ґрунту з урахуванням кута рихлення та постановки лапи, коли максимальний тиск сприймається твердосплавним матеріалом локального зміцнення.

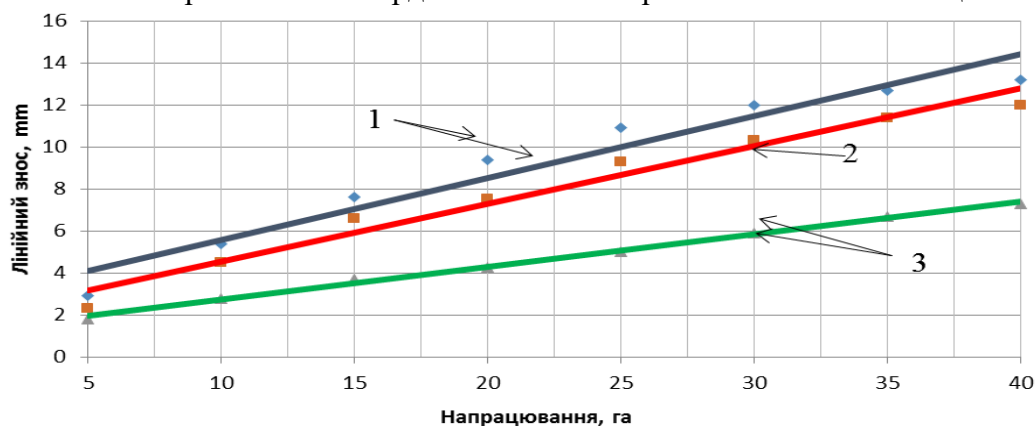


Рис.3. Залежність лінійного зносу носків культиваторних лап за напрацюванням:

1 – серійна лапа; 2 – експериментальна лапа з нижнім локальним зміцненням леза;
 3 – експериментальна лапа з верхнім локальним зміцненням леза

Суттєва відмінність величини абсолютного лінійного зносу леза культиваторних лап спостерігається між усіма досліджуваними варіантами (рис.4.).

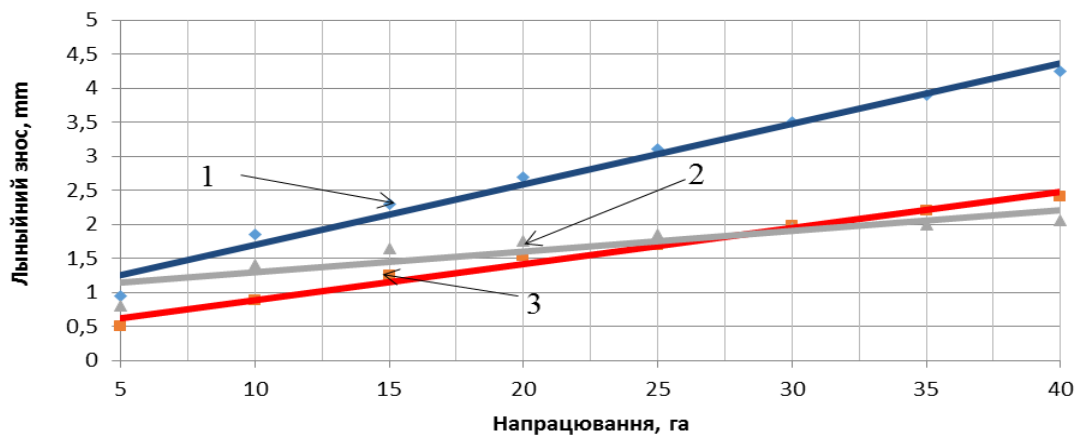


Рис.4. Залежність абсолютного лінійного зносу леза культиваторних лап за напрацюванням:
1 – серійна лапа; 2 – експериментальна лапа з нижнім локальним зміцненням;
3 - експериментальна лапа з верхнім локальним зміцненням леза

Значення лінійного зносу дослідних зразків лап після встановленого напрацювання складають: для першого варіанту – 4,25 мм; другого – 2,41 мм і для третього – 2,05 мм. Верхнє локальне зміцнення леза забезпечує зменшення зносу майже у 2 рази у порівнянні із серійним зразком і в 1,13 рази - з варіантом нижнього локального зміцнення леза. Отримані результати випробувань вказують на перевагу застосування для підвищення зносостійкості культиваторних лап верхнього локального зміцнення леза.

Слід зазначити, що в процесі зношування поверхня леза експериментальної лапи приймає зубчастий профіль (рис. 5). Вже після напрацювання 10 га на одну лапу спостерігається утворення зубчастої поверхні та більш інтенсивна проява такої закономірності за напрацюванням.

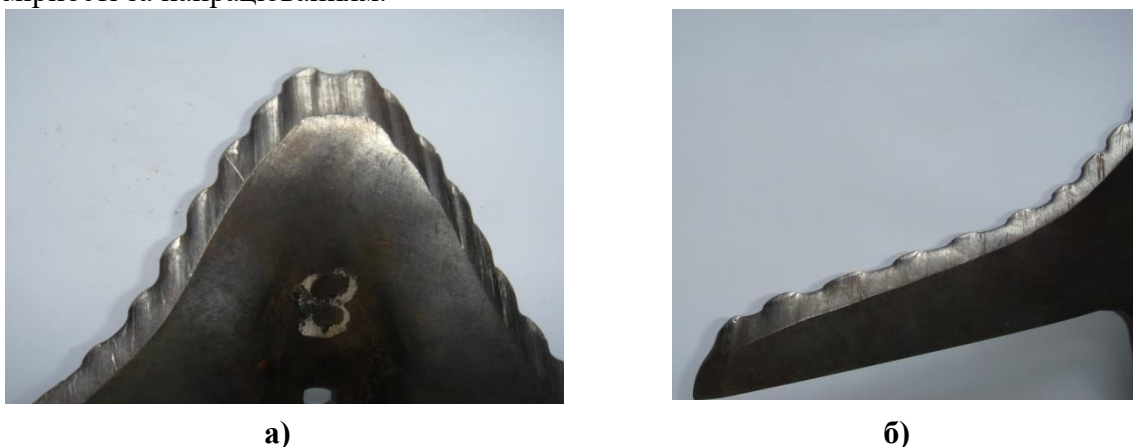


Рис.5. Загальний вид локального зміцненого леза експериментальних лап при зношуванні:
а – носова частина лапи; б – лезо лапи культиватора

При проведенні польових досліджень зношування культиваторних лап визначали також їх ваговий знос за напрацюванням. Це пов'язано з тим, що в процесі взаємодії з ґрунтовим абразивним середовищем відбувається зношування не тільки різальної кромки леза, а також зношування інших поверхонь тертя. Насамперед, це стосується зношування по ширині захвату, товщині крил та площини культиваторних лап. Вказані

види зношування елементів робочих органів зумовлюють збереження міцнісних показників та якості виконання процесу і можуть визначати характеристики їх граничного стану для вибракування. Результати залежності вагового зносу дослідних зразків культиваторних лап представлено в таблиці 2 та на рис. 6.

Таблиця 2

Показники зміни вагового зносу культиваторних лап за напрацюванням

Напрацюван ня га	5	10	15	20	25	30	35	40
Варіанти								
Серійна	74	101,5	117,5	133,5	146,5	156,5	168,5	182
Експеримен тальна з верх. зміцненням	44	49	52,5	63	75,5	83,5	91,5	98,5
Експеримен тальна з ниж. зміцненням	55	59,5	64	73,5	86,5	99	106	114,5

Результати визначення зміни величини вагового зносу дослідних зразків робочих органів показав суттєву відмінність між значеннями цього показника за варіантами. Найбільше значення вагового зносу при напрацюванні 40 га отримано для серійної лапи – 182 гр., для експериментальних культиваторних лап цей показник, відповідно, складає: 114,5 гр. – для лапи з нижнім локальним зміцненням леза і 98,5 гр. – для експериментальної лапи з верхнім локальним зміцненням леза.

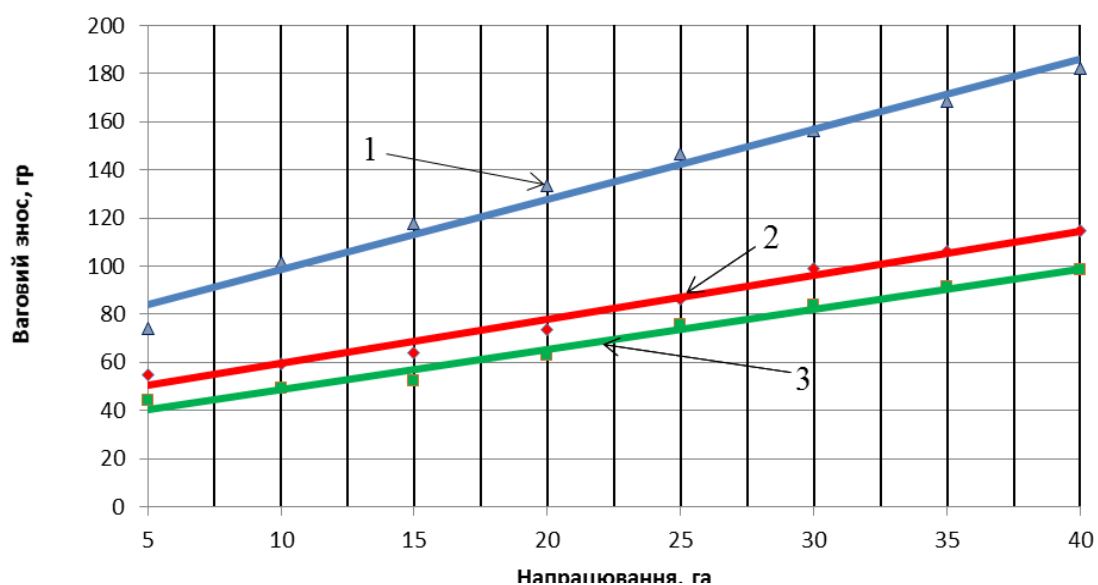


Рис.6. Залежність вагового зносу лап за напрацюванням:
 1 – серійна стрілочаста лапа; 2 – експериментальна лапа з нижнім локальним зміцненням леза;
 3 – експериментальна лапа з верхнім локальним зміцненням леза

Висновки

1. Проведенням польових досліджень зношування монометалевих культиваторних лап з раціональним профілем леза встановлено зменшення в 1,7 рази величини лінійного та в 1,4 рази вагового зносу у порівнянні із серійними зразками культиваторних лап. Встановлено вплив на швидкість зношування лап способу локального зміцнення леза. Застосування нижнього локального зміцнення леза зумовлює зменшення в 1,13 рази, а верхнього – в 2,0 рази величини лінійного зносу у порівнянні з серійними робочими органами.

2. Порівняльними випробуваннями серійних та локально зміцнених лап із верхнім і нижнім зміцненням леза виявлено, що значення зносу носка серійної лапи складає 13,2 мм, а у експериментальних лап більше значення зносу спостерігається для варіанту з нижнім локальним зміцненням леза – 12,9 мм. Найменше значення лінійного зносу носку характерне для лапи з верхнім локальним зміцненням, яке при встановленому напрацюванні складає 7,3 мм, що в 1,23 рази є меншим у порівнянні з першим варіантом і в 1,8 рази меншим - з другим варіантом.

3. Величина абсолютного лінійного зносу дослідних зразків лап після встановленого напрацювання 40 га складають: для серійного зразка – 4,25 мм; з нижнім зміцненням леза – 2,41 мм і для варіанту верхнього зміцнення леза – 2,05 мм. Верхнє локальне зміцнення леза забезпечує зменшення зносу майже у 2 рази у порівнянні із серійним зразком і в 1,13 рази - з варіантом нижнього локального зміцнення леза.

4. Встановлено, що в процесі зношування поверхня леза експериментальної лапи приймає зубчастий профіль. Вже після напрацювання 10 га на одну лапу спостерігається утворення зубчастої поверхні та більш інтенсивна проява такої закономірності за напрацюванням.

5. Найбільше значення вагового зносу при напрацюванні 40 га отримано для серійної лапи – 182 гр., для експериментальних культиваторних лап цей показник, відповідно, складає: 114,5 гр. – для лапи з нижнім локальним зміцненням леза і 98,5 гр. – для експериментальної лапи з верхнім локальним зміцненням леза.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (4.1). Машини та знаряддя для обробки ґрунту / П. М. Заїка. – Харків: Око, 2001. – 444 с.

2. Пашенко В.Ф. Моделирование взаимодействия с почвой рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий / В.Ф.Пашенко. - Харьковский гос. аграр. ун-т им. В.В.Докучаева. - Харьков, 1994. – 134 с.

3. Шевченко І.А. Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища / І.А. Шевченко – К.: Видавничий дім “Вінніченко”, 2016. – 320 с.

4. Аулін В.В. Керування характером та інтенсивністю зношування різальних частин робочих органів ґрунтообробних машин/ В.В.Аулін, Бобрицький В.М, Ауліна Т.М. та ін. // Вісник Харківського держ. техн. університету с.г. Вип.23. – Харків. – 2004. – С. 270-273.

5. Василенко М. Перспективи застосування локального зміцнення при виготовленні і відновленні робочих органів / М.Василенко //Техніка АПК – К.: 2008. - №1. – С. 29-31.

6. Пугач А.М. Обґрунтування параметрів культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» /А.М.Пугач. – Вінниця, 2010. – 20 с.

7. Козаченко О.В. Теоретичне обґрунтування раціональної геометричної форми лапи культиватора /О.В.Козаченко, В.С.Каденко, О.М.Шкрегаль// Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вип.10/1 (29), 2016. – С.48-52.

8. Козаченко О.В. Оптимізація параметрів локального зміцнення леза лапи культиватора /О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, В.С.Каденко, В.В.Гончаров // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – Вип.7. С.149-155.

9. Козаченко О.В. Теоретические исследования энергоёмкости культиваторных лап / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Экология и сельскохозяйственная техника: Вестник СЗНИИМЭСХ. – Санкт-Петербург : СЗНИИМЭСХ, 2009. – С.211–217.

References

1. Zaika P.M. The theory of agricultural machines. Т. 1 (4.1). Machines and tools for soil cultivation / P. M. Zaika. - Kharkiv: Eye, 2001. - 444 pp.

2. Pashchenko V.F. Modeling the interaction with the soil of the working bodies of agricultural machines and implements / V.F.Paschenko. - Kharkiv State. agrarian un-t them. VV Dokuchaev. - Kharkov, 1994. - 134 p.

3. Shevchenko I.A. Management of the agro-physical state of the soil environment / I.A. Shevchenko - K. : Publishing House "Vinichenko", 2016. - 320 p.

4. Aulin V.V. The management of the nature and intensity of wear of the cutting parts of the working bodies of the tillage machines / VV Aulin, Bobrytsky V.M., Aulina T.M. etc. // Bulletin of Kharkiv State. tech University of Sg. Vip.23. - Kharkiv - 2004. - pp. 270-273.

5. Vasilenko M. Prospects for the use of local strengthening in the fabrication and restoration of working bodies / M. Vasilenko // APK Engineering - K. : 2008. - No. 1. - P. 29-31.

6. Pugach AM Substantiation of parameters of cultivar paws, equipped with elements of local strengthening: author's abstract. dis Cand. tech Sciences: special 05.05.11 «Machines and means of mechanization of agricultural production» / A. M. Pugach. - Vinnytsia, 2010. - 20 p.

7. Kozachenko O.V. Theoretical substantiation of rational geometrical form of cultivator's paw / O.V.Kozachenko, VS Kadenko, O.M.Shkragal // Visnyk of Sumy National Agrarian University. Series "Mechanization and automation of production processes. Issue 10/1 (29), 2016. - pp. 48-52.

8. Kozachenko O.V. Optimization of the parameters of the local forging of the fork of the cultivator / O.V.Kozachenko, O.M.Shkragal, V.S.Kadenko, V.V.Goncharov // Technical service of agroindustrial, forest and transport complexes: Scientific journal. - Kharkiv: KhNTUSG, 2017. - Vip.7. P.149-155.

9. Kozachenko O.V. Theoretical studies of the energy intensity of cultivator paws / OV Kozachenko, O.M. Shkregal // Ecology and agricultural machinery: Bulletin SZNIIMESH. - St. Petersburg: SZNIIMESH, 2009. - P.211–217.