

**Середа Л.П.**

к.т.н., професор

**Труханська О.О.**

к.т.н., доцент

**Швець Л.В.**

к.т.н., доцент

**Вінницький національний  
аграрний університет****Sereda L.****Trukhanska E.****Shvets L.****Vinnitsia National Agrarian  
University****УДК 621.3****DOI: 10.37128/2306-8744-2019-4-8****РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ  
ГРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ДЛЯ  
ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL З  
АКТИВНИМИ ФРЕЗЕРНИМИ  
РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

Одним із досягнень в області вирощування продуктів рослинництва є розробка і впровадження новітніх мало затратних технологій No-till і Strip-till. Позитивною стороною даних технологій в одночас економічною ефективністю є інші переваги перед промисловою технологією: це збереження і покращення ґрунту і екологічні показники, такі як запобігання ерозії. Проти впровадження цих технологій є фактори невідповідності персоналу, а також наявності дорогої вартісної спеціальної техніки.

Більшість вчених в галузі агрономії, особливо за кордоном, при появі новітніх технологій No-till і Strip-till, називали їх революційними в рослинництві, так, як поряд з економічними показниками дані технології зберігають родючий потенціал ґрунту. Це досягається за рахунок меншого травмування ґрунту із-за мінімальної кількості технологічних операцій, а також обов'язковим покриттям поля рослинними залишками після збирання. Для нашої області найбільш підходить технологія Strip-till.

Суть цієї технології полягає в тому, що обробіток ґрунту проводиться вибірково шириною 25 – 30 см, а між ними залишається необроблені полоси також в 30 см, покриті залишками культури, яку попередньо збирають. Враховуючи актуальність теми в даній статті проводиться конкретний матеріал по дослідженню ґрунтообробної машини з активними робочими органами в вигляді фрез. За основу розробки взята відома сільськогосподарська машина фрезерний культиватор КФ-3,6. Суть модернізації заключається в тому, що фрезерні головки розміщені для обробітку полос, спереду яких установлені плоскорізальні лапи, а за ними спеціальні диски для формування полоси. Основним недоліком діючої машини є наявність громіздкого приводу, який складається з трьох редукторів, карданних передач.

В даній роботі розглянуто варіант заміни приводу на більш сучасний і надійніший гідропривід.

**Ключові слова:** енергозберігаючі технології No-till і Strip-till, ґрунтообробний фрезерний культиватор, робочі органи фрезерного барабана, гідравлічний привід, потужність приводу.

**Вступ.** Багатьма вченими в галузі рослинництва доказано, що врожайність культур в основному залежить від якісної підготовки ґрунту перед посівом. Враховуючи перспективність технології Strip-till завдання

полягає в якісному обробітку ґрунту в вигляді полоси в 25 – 30 см. Одним із ефективних засобів підготовки ґрунту є обробіток способом активного фрезерування. Вивчаючи роботу фрезерного культиватора КФ-3,6 установлено,



що основним недоліком роботи даної машини є великі затрати потужності і громіздкий, ненадійний механічний привід фрезерного барабана [1]. Тому при новій технології Strip-till, яка передбачає полосовий обробіток ґрунту, показник затрати потужності буде в два рази меншим, а застосування гідروприводу фрезерного барабана підвищить надійність роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із головних напрямків конструювання фрезерних культиваторів є розрахунок конструктивних параметрів фрезерного барабана. Питання оптимального вибору фрезерного барабана вивчається теоретично і експериментально. Професор Феберт Р.К. математично довів, що відношення довжини шляху різання до глибини обробітку найкраще, коли діаметр барабана дорівнює 1,25 глибини обробітку. Ці дані підтверджені академік Гринчук І.М.

Результати отримані експериментальним шляхом вказують на залежність витрати енергії від діаметру фрезерного барабана. (Далін А.Д., Попов Г.Ф.). Німецькі дослідники В. Зоне і Р. Тіль рекомендують вибирати величину  $h/R=1$  ( $h$  – глибина обробітку,  $R$  – радіус барабана).

З теоретичних досліджень найбільш праць видано по обґрунтуванню форми найбільш застосовуваних в конструкції фрез Г – подібних ножів. (Бринчук М.У., Попов Т.Ф., Канюрів Ф. М., Ткаченко Н.А.).

З огляду конструкції ґрунтообробних машин з фрезерними ножами, недостатньо обґрунтовані параметри Г – подібного ножа такі

як форма леза, радіус загону і кут установки ножа.

**Метою статті** є дослідження роботи активної фрези як в теоретичному так і в експериментальному плані, а також визначення затрат на привід з урахуванням технології Strip-till. В результаті досліджень подається проект модернізації культиватора КФ-3,6 для смугового обробітку і з сучасним гідравлічним приводом фрез.

**Виклад основного матеріалу.** За основу розробки і дослідження роботи фрезерного агрегату вибраний найбільш поширений в 80-90 роки минулого століття культиватор КФ-3,6, який і в даний час застосовується в господарствах. Його перевага закладається в тому, що ефективно подрібнює ґрунт і рослинні залишки на глибини 10 – 12 см. Метою роботи як було сказано раніше є модернізація конструкції культиватора КФ-3,6 для технології Strip-till. Згідно нової схеми розміщення робочих органів рис. 1. він включатиме 6 стрілочатих лап, 6 фрезерних барабанів з трьома комплектами Г – подібних ножів і дванадцять дисків для вертикального обробітку ґрунту.

Найбільш енергозатратним в даній конструкції є фрезерні барабани, які потребують як теоретичного так і експериментального досліджень. Розглянемо типову схему фрезерного барабана. З горизонтальною віссю  $O_z$  обертання якщо її умовно вважати тілом уздовж осі  $O_x$ , перпендикулярній осі  $O_z$  (рис. 2).

Ножі фрезерного барабана обертаються по ходу його руху і спочатку впроваджуються в ґрунтовий пласт зверху вниз.

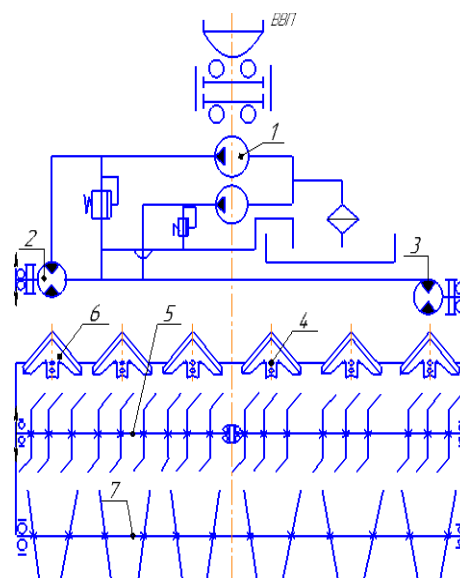


Рис. 1. Технологічна схема модернізованого культиватора КФ-3,6Г



Різання здійснюється лезом основного ножа і кромкою утримує боковий ніж. Обробіток ґрунту ножем барабана розглядається як процес трьох фаз:

- 1) підрізання пласта ножем з утворенням стружки;
- 2) ударну дію робочої поверхні ножа на стружку, супроводжування можливим кришенням її.
- 3) транспортування частинок стружки по робочій поверхні ножа, що супроводжується розпушуванням пласта.

При кутовій швидкості обертання барабана 20 рад/с час різання ножем ґрунту на кут 120° складає 0,1 с.

Для розрахунку фрезерного барабана з гвинтовими ножами внесемо наступні вихідні дані:

- $V_c$  – швидкість матеріалу при роботі;
- $V_o$  – швидкість точки обертання;
- $R$  – коефіцієнт відновлення швидкості;
- $\mu$  – коефіцієнт миттєвого відновлення удару;
- $h_m$  – найбільша глибина обробітку;
- $H$  – висота барабана;
- $\alpha$  – передній кут ножа;
- $\alpha_{ж}$  – боковий кут ножа;
- $n$  – число секцій в барабані;
- $m$  – число ножів по окружності барабана;
- $W$  – кутова швидкість;
- $l$  – ширина захвату секцій;
- $P_v$  – щільність ґрунту;
- $l_e$  – питома робота різання ґрунту;

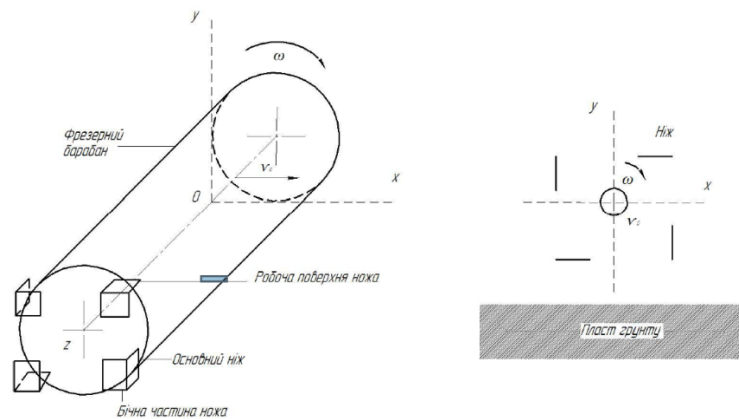


Рис. 2. Схема фрезерного барабану

В результаті розрахунку визначимо:

- 1) Радіус барабана по лезу:

$$R = H + h_m \quad (1)$$

- 2) Кутову швидкість барабана:

$$V_o \cdot (t_2 - t_1) = 2R \sin \omega \frac{(t_2 - t_1)}{Z} - \frac{n}{m} \quad (2)$$

- 3) Шлях різання L:

$$L = S \int_{\arcsin \frac{H}{R}}^{\pi/2 + \frac{\omega(t_2 - t_1)}{Z}} \sqrt{R^2 + V_o^2 / \omega^2 - 2R V_o \sin u / \omega} du \quad (3)$$

Після виконання розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. При заданих швидкостях леза 4/5 м/с і швидкості руху 0,85 м/с найменшу питому роботу забезпечує фреза, ножі якої мають передній кут установки 79 - 80°.

2. Ножі з плоскими і гвинтовими плоскими поверхнями останні істотно відрізняються меншим ущільненням пласта на фазі входження в ґрунт.

3. Три або чотири ножі на круговій поверхні барабана забезпечують приблизно рівну і найменш питому роботу фрезерування при рівних показниках розмірів стружки.

Дослідження роботи ґрунтових фрез проведені багатьма вченими бувшого союзу і зарубіжних країн [2, 3, 4, 5, 7].

В результаті досліджень в основному проводились в залежності від діаметру фрезерного барабана і форми ножів і їх кількості.

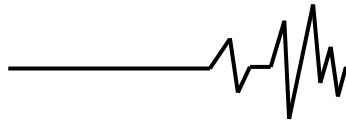
- 4) Подачі S:

$$S = V_o \frac{2T}{m\omega} \quad (4)$$

- 5) Координату  $y_c$  точки перетину траєкторії лез ножів:

$$y_c = R \sin \left[ \pi/2 + \frac{\pi}{m} - \frac{\omega(H - t_1)}{2} \right] \quad (5)$$

- 6) Площі бічної стружки:



$$S_a = R^2 \arccos \frac{V_c}{R} + V_c \sqrt{R^2 - y_c^2 - \frac{2V_o}{\omega} \sqrt{R^2 - y_c^2 - H}} \quad (6)$$

7) Питому потужність підрізу пласта:

$$P_c = \frac{\omega m n (L_l + S_a) l_c}{2\pi\omega} \quad (7)$$

8) Питому потужність  $P_v$  від щільності:

$$P_v = \frac{\omega m n P_{\phi} l_s V^2}{4\pi\omega} \quad (8)$$

9) Питомі потужності при фрезеруванні:

$$P = P_c + P_v \quad (9)$$

10) Питомі роботи при фрезеруванні:

$$E = \frac{(P_c + P_v)}{V_o} \quad (10)$$

11) Кут нахилу леза:

$$\tau = \arctg(\alpha \cdot R) \quad (11)$$

12) Мінімальна глибина борозни:

$$h_{\min} = Y \quad (12)$$

Результати досліджень приведені в табл.1.

Таблиця 1

Показники	Діаметр барабана фрези, см			
	60	50	40	30
Число обертів вала $n$ , хв	190	212	254	284
Витрата енергії $N_{\phi}$ , кВт	1,5	1,32	1,12	1,05
Крутий момент на валу секції, Н·м	38,2	31	24,5	16,4
Дальність кидання ґрунту, см	75	62	47	38
Вага відкинутого ґрунту, кг	32,5	30,6	28,5	27,2
Робота на відкидання, кг/м	29	18,2	10,7	7,2
Середній діаметр частинок ґрунту $d$ , мм	5,8	6,2	5,4	6,5

Таким чином установлено, що для зменшення енергоємності роботи фрези необхідно щоб в необроблений ґрунт не врізались деталі барабана крім ножів, що може привести до підвищення енергоємності.

Щоб зменшити енергозатрати при фрезеруванні ґрунту як підкреслювалось в меті даної роботи була проведена модернізація культиватора КФ-3,6 шляхом розстановки ножів в вигляді 6 секцій по три в кожній за методом обробітку Strip-till [6]. Для підтвердження ефективності розробки проведено розрахунок потужності одного трьох секційного барабану при збільшенні якого в шести визначимо загальну потужність на привід фрезерного валу машини КФ-3,6[8].

Необхідну потужність затрачену на роботу однієї секції знаходимо за формулою:

$$N = N_{om} + N_{\phi} + (N_{om} + N_{\phi}) \cdot (t - \eta_n) N_n \quad (13)$$

де  $N_{от}$  – потужність на відкидання ґрунту;  
 $N_{\phi}$  – потужність на фрезерування, кВт;  
 $N_n$  – потужність на переміщення, кВт;  
 $\eta_n$  – ККД передач.

Складові потужності визначаємо за такими формулами:

$$N_n = fGV_m \quad (14)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору переміщення,  $f = 0,15 - 0,2$ ;

$G$  – сила тяжіння, кН;

$V_m$  – швидкість, км/год.

Потужність на фрезеруванні:

$$N_{\phi} = N_{pt} + N_{om} \quad (15)$$

де  $N_p$  – потужність різання ґрунту, кВт;  
 $N_{от}$  – потужність на відкидання ґрунту, кВт.

$$N_p = \frac{K_g \cdot S_b \cdot \alpha \cdot Z_g \cdot n}{60 \cdot 10^{-3}} \quad (16)$$

$$S = \frac{2\pi R}{\lambda Z} \quad (17)$$

де  $S_b$  – подача на ніж;

$R$  – радіус барабана, м.;

$Z$  – число ножів в барабані;

$\lambda$  – кінематичний показник фрези;

$\lambda = 2 - 6$  в залежності від якості поля;

$K_g$  – питомий опір деформації ґрунту, МПа;

$b_c$  – ширина стружки дорівнює ширині захвату одного ножа;

$\alpha$  – ширина обробітку, м;

$Z_g$  – загальне число ножів;

$n$  – частота обертання барабану, хв.<sup>-1</sup>.

Потужність на відкидання ґрунту дорівнює

$$N_{om} = 0,5 \cdot K_d \cdot \alpha \cdot V_m \cdot V_p^2 \cdot p \quad (18)$$

де  $K_d$  – коефіцієнт, що залежить від форми робочих органів ( $K_d = 0,8$ );

$\alpha$  – для Г-подібних ножів ( $\alpha = 1,0$ );

$V_m$  – ширина захвату фрези;



$\rho$  – щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V_p$  – швидкість різання ґрунту.

Знаходимо:

$$V_p = V_{ok} - V_m = \pi Dn / 60 - V_m$$

Приймаємо:

$$V_{ok} = 4,5 \text{ м / с}$$

$$V_m = 0,8 \text{ м / с}$$

Із проведених розрахунків можна зробити наступні висновки.

1. Робота фрезерного культиватора характеризується значною нерівномірністю зміни потужності під час роботи в залежності від ширини захвату і діаметру фрезерного барабану.

2. Розрахунками доведено, що зменшення барабану діаметру 60 см вдвічі потужність зменшується на 30 %, а крутний момент майже на 50%.

3. Якщо для обробітку ґрунту застосовувати технологію Strip-till, яка передбачає замість суцільного обробітку ґрунту смуговий обробіток, то потужність на привід барабанів зменшиться вдвічі.

4. Зменшення потужності при смуговому обробітку дасть можливість заміни менш ємного і малонадійного приводу на більш досконалий і більш надійний гідравлічний.

По результатам виконаних досліджень була прийнята технологічна схема модернізації фрезерного культиватора КФ-3,6. (рис. 3)

Основною метою модернізації – це переобладнання культиватора з суцільного обробітку ґрунту на полосовий по технології Strip-till і заміна механічного приводу на гідропривід.

Як енергозасіб вибраний трактор класу Н. Для приводу двох фрезерних барабанів замість редукторів використовується гідропривід, який складається із зведеного насоса НШ-10-2-УЗ який змонтований на валу відбору потужності трактора і має подачу масла від індивідуальної системи в вигляді окремого баку і системи захисту від перевантаження або з використанням діючої гідросистеми трактора.

Привід фрезерних блоків 5 використовують при допомозі гідро двигунів 2 типу МВ56-2В2.

З стандартної машини КФ-3,6 залишені плоско різальні лапи 6, але їх розміщення змінено. Вони установлені перед секцією фрезерного барабану і мають мету попередньо рихлити необроблений ґрунт, який потім досить ефективно буде подрібнювати, секції фрезерного барабану з Г-подібними ножами. Завершається полосовий обробіток шляхом формування валків спеціальними дисками на валу 7. Диски типу VT для вертикального обробітку ґрунту які поряд з формуванням

валку якісно завершують обробіток ґрунту і після проходження модернізованого агрегату можна починати сівбу таких культур як: кукурудза, соняшник, соя і навіть цукровий буряк.

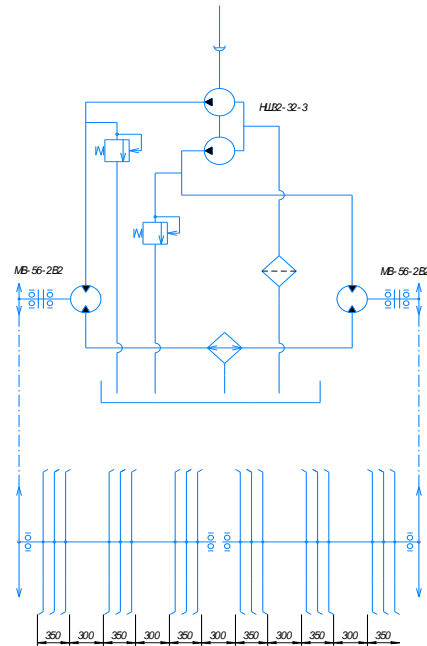


Рис. 3 Схема гідроприводу фрезерного барабану

### Висновки

Враховуючи перспективність сучасних технологій в рослинництві таких як No-till і Strip-till, які поряд з економічними показниками мають і вагомні економічні показники, особливо в збереженні якості ґрунту в даній статті ґрунтовим висвітлено можливість застосування при обробітку ґрунту найбільш ефективного способу обробітку – фрезерування. Проведені розрахунки основного робочого органу фрезерного барабану. Враховуючи, що за основу прийнята конструкція діючої машини культиватора КФ-3,6 розроблена схема модернізації культиватора.

Суть модернізації закладається в тому, що Г-подібні ножі розміщені в шести блоках по три диски в кожному для обробітку полоси в 30 см, а між ними залишена необроблена ширина такої ж ширини. Привід замість механічного застосований гідравлічний. Даний агрегат буде виготовлений за домовленістю в підприємств «Агромаш – Калина» Вінницькою літератур.

### Список використаних джерел

1. Василенко П.М., Бабин П.Г. Механіко-технологічні основи вибору конструктивних і кінематичних параметрів ротаційних робочих органів поверхневого



обробітку ґрунту: наукові праці УНДІМЕСХ. т.2. Київ, 1990. С. 26.

2. Ящук О.П., Єфимов Д.М. Фрезерные почвообрабатывающие машины. Сельскохозяйственные машины. М: Агропромиздат, 1985. 412с.

3. Что такое strip-till? Плюсы и минусы щадящей обработки почвы. – Режим доступа: <https://aggeek.net/ru-blog/chto-takoe-strip-till-plyusy-i-minusy-schadyaschej-obrabotki-pochvy> (дата звернення: 11.11.2019)

4. Mursch B. Untersuchungen an einer Bodefaraze. «Landtechnische Forschung», bd. 7, 1967. Н. 4. Р. 93.

5. Sohne W. und Thiel R. Technische Probleme bei Bondenfrasen. «Grundlagen der Landtechnik», 1997. N.9. Р. 12.

6. Чаткін Н.М. Кінематика і динаміка ротатійних ґрунтообробних робочих органів. Київ: Урожай, 2008. 316с.

7. Гринчук И.М., Матяшин Ю.И. Расчёт толщины стружки почвенных фрез: механизация и электрификация с/х, 1985. №4. С. 35.

8. Немировский И.А., Серeda Л.П. Гидроприводы сельскохозяйственных машин / под ред. И.А. Немировского. Киев: Техніка, 1979. 138 с. ил.

#### Список джерел у транслітерації

1. Vasilenko, P.M., & Babin P.G. (1990). Mechanical and technological bases of choice of design and kinematic parameters of rotary working bodies of surface tillage. Scientific works of UNIMESH.: - vol.2. - Kiev, 1990.- P. 26-48 [in Ukrainian].

2. Yatsuk O.P., & Yefimov D.M. (1985). Milling soil-cultivating machines. Silgospomash. - M. - 1985. - 412s [in Russian].

3. Chto takoe strip-till? Pliusy y minusy shchadiashchei obrabotky pochvy. Sait zhurnalu «Aggeek.net» <https://aggeek.net/ru-blog/chto-takoe-strip-till-plyusy-i-minusy-schadyaschej-obrabotki-pochvy> [in Russian].

4. Mursch B. (1967) Untersuchungen an einer Bodefaraze. «Landtechnische Forschung», bd. 7, 1967, Н. 4. S. 93-98 [in German].

5. Sohne W. und Thiel R. (1997) Technische Probleme bei Bondenfrasen. «Grundlagen der Landtechnik», 1997, Н. 9, P.12-16 [in German].

6. Chatkin NM (2008) Kinematics and dynamics of rotary tillage working bodies. Kiev: Harvest, 2008. – 316p [in Russian].

7. Grinchuk IM, Matyashin Yu.I. (1985) Calculation of the thickness of soil milling chips // Mechanization and electrification of agricultural machinery 1985, No. 4, p. 35-37. [in Russian].

8. Sereda L.P., Nemirovsky I.A. (1979) Hydraulic actuators of agricultural machines. Ed. I.A. Nemirovsky. Kiev: Technology, 1979.-138p. [in Ukrainian].

#### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ STRIP-TILL С АКТИВНЫМИ ФРЕЗЕРНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Одним из достижений в области выращивания продуктов растениеводства является разработка и внедрение новейших мало затратных технологий No-till и Strip-till. Положительной стороной данных технологий в одночасье экономической эффективностью существуют другие преимущества перед промышленной технологии: это сохранение и улучшение почвы и экологические показатели, такие как предотвращение эрозии. Против внедрения этих технологий есть факторы неподготовленности персонала, а также наличия дорогой специальной техники.

Большинство ученых в области агрономии, особенно за рубежом, при появлении новых технологий No-till и Strip-till, называли их революционными в растениеводстве, так как наряду с экономическими показателями данные технологии сохраняют плодородный потенциал почвы. Это достигается за счет меньшего травмирования почвы из-за минимального количества технологических операций, а также обязательным покрытием поля растительными остатками после сбора. Для нашей области наиболее подходит технология Strip-till.

Суть этой технологии заключается в том, что обработка почвы проводится выборочно, шириной полосы 25 - 30 см, а между ними остается необработанные полосы также в 30 см, покрытая остатками культуры, которую предварительно собрали. Учитывая актуальность темы, в данной статье проводится конкретный материал по исследованию почвообрабатывающей машины с активными рабочими органами в виде фрез. За основу разработки взята известная сельскохозяйственная машина, фрезерный культиватор КФ-3,6. Суть модернизации заключается в том, что фрезерные головки размещенные для обработки полос, спереди которых установлены плоскорезные лапы, а за ними специальные диски для формирования полосы. Основным недостатком действующей машины является наличие громоздкого привода, который состоит из трех редукторов, карданных передач.

В данной работе рассмотрен вариант замены привода на более современный и надежный гидропривод.

**Ключевые слова:** энергосберегающие технологии No-till и Strip-till, почвообрабатывающий фрезерный культиватор, рабочие органы фрезерного





барабана, гидравлический привод, мощность привода.

#### DEVELOPMENT AND RESEARCH OF SOIL MACHINE FOR STRIP-TILL TECHNOLOGY WITH ACTIVE MILLING WORKING BODIES

One of the achievements in the field of growing crop products is the development and implementation of the latest low-cost No-till and Strip-till technologies. On the positive side of these technologies, overnight economic efficiency there are other advantages over industrial technology: the conservation and improvement of soil and environmental indicators, such as the prevention of erosion. Against the introduction of these technologies, there are factors of staff unpreparedness, as well as the availability of expensive special equipment.

Most scientists in the field of agronomy, especially abroad, when new No-till and Strip-till technologies appeared, called them revolutionary in crop production, since along with economic indicators, these technologies preserve the fertile potential of the soil. This is achieved due to less soil damage due to the minimum number of technological operations, as well as the mandatory coverage of the field with plant residues after

harvesting. Strip-till technology is most suitable for our area.

The essence of this technology lies in the fact that soil cultivation is carried out selectively, with a strip width of 25-30 cm, and between them there remains untreated strips of 30 cm also, covered with the remains of the crop that was previously harvested. Given the relevance of the topic, this article provides specific material for the study of a tillage machine with active working bodies in the form of mills. The development is based on the well-known agricultural machine, milling cultivator KF-3.6.

The essence of the modernization lies in the fact that the milling heads are placed for processing strips, in front of which there are plane-cutting legs, and behind them are special disks for forming the strip. The main disadvantage of the existing machine is the presence of a bulky drive, which consists of three gearboxes, cardan gears.

In this paper, we consider the option of replacing the drive with a more modern and reliable hydraulic drive.

**Key words:** *energy-saving No-till and Strip-till technologies, tillage milling cultivator, milling drum working bodies, hydraulic drive, drive power.*

#### Відомості про авторів

**Серета Леонід Павлович** – кандидат технічних наук, професор кафедри агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [leonidsereda@vsau.vin.ua](mailto:leonidsereda@vsau.vin.ua)).

**Труханська Олена Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [seaswallow@ukr.net](mailto:seaswallow@ukr.net)).

**Швец Людмила Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [shlv0505@i.ua](mailto:shlv0505@i.ua)).

**Серета Леонід Павлович** – кандидат технических наук, профессор кафедры агроинженерии и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета (ВНАУ, ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [leonidsereda@vsau.vin.ua](mailto:leonidsereda@vsau.vin.ua)).

**Труханська Олена Олександрівна** – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета (ВНАУ, ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [seaswallow@ukr.net](mailto:seaswallow@ukr.net)).

**Швец Людмила Васильевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета (ВНАУ, ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [shlv0505@i.ua](mailto:shlv0505@i.ua)).

**Sereda Leonid** – PhD, Professor, Department of Agricultural Engineering and Technical Service Vinnytsia National Agrarian University (Sunny str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [leonidsereda@vsau.vin.ua](mailto:leonidsereda@vsau.vin.ua)).

**Trukhanska Elena** – PhD, Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Technical Service Vinnytsia National Agrarian University (Sunny str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [seaswallow@ukr.net](mailto:seaswallow@ukr.net)).

**Shvets Ludmila** – PhD, Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Technical Service Vinnytsia National Agrarian University (Sunny str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [shlv0505@i.ua](mailto:shlv0505@i.ua)).