

МОВЧАН М.С., ПИЛИП В.Є.
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПАСИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ

УДК 631.431

Мовчан М.С., студент групи М6,
науковий керівник – асистент **В.Є. Пилип**,
Миколаївський національний аграрний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПАСИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ

Запропонована нова конструкція комбінованого знаряддя для дрібного осіннього смугового обробітку ґрунту. Досліджено тяговий опір пасивних робочих органів та їх складові.

Предложенная новая конструкция комбинированного орудий для мелкого осеннего полосового возделывания почвы. Исследовано тяговое сопротивление пассивных рабочих органов и их составляющие.

Забезпечення оптимальних властивостей ґрунту багато в чому визначається ефективністю її розуцільнення в осінньо-зимовий період. Це досягається осіннім механічним обробітком ґрунту з тим, що подальшим її природнім розуцільненням промороженням за наявності необхідної кількості вологи.

Ефективним сучасним видом осінньої механічного обробітку ґрунту з мінімальним рівнем механічної дії є дрібний суцільний обробіток, що розуцільнює верхній, найбільш ущільнений, шар ґрунту. Для реалізації цього способу не завжди застосовні, при дрібному осінньому обробітку ґрунту, існуючі схеми виконуваних профілів оброблюваних інтервалів і відповідні сільськогосподарські машини та знаряддя. Тому дослідження, спрямовані на підвищення ефективності процесу того розуцільнення ущільненого ґрунту комбінованим знаряддям при дрібному осінньому смуговому обробітку ґрунту та подальшого природного розуцільнення промороженням, є актуальними і мають важливе наукове та господарське значення.

З метою зниження енергоємності технологічного процесу затримання вологи у верхніх шарах ґрунту, шляхом нарізання розпушеної смуг, що мають V-подібні та прямокутні перерізи нижньої і верхньої половин цієї смуги відповідно, нами розроблена конструктивна схема комбінованого ґрунтообробного знаряддя, загальний вид якого наведено на рис. 1.

Запропоноване комбіноване знаряддя складається з рами 1, опірно-регулювальних коліс 2, право- і левообробних лемешів 3, розміщених в два ряди в шаховому порядку. Позаду і збоку лемешів розміщені однобічні розпушувальні лапки 4. Ззаду знаряддя шарнірно кріпиться каток 5 з розпушувально-мульчуючими елементами 6.

Технологічний процес роботи запропонованого комбінованого знаряддя здійснюється таким чином. При русі перший ряд правообробних похилих лемешів 3 і вслід рухаючийся перший ряд однобічно-розпушуючих лапок 4, підрізає і розпушує шар ґрунту на встановлену глибину, формуючи ліві бічні стінки розпушуваних смуг. Вслід за першими рядами правообробних лемешів 3 і однобічно-розпушуючих лапок 4, просуваються другі ряди лівообробних лемешів і однобічних-розпушуючих лапок, що формують праві стінки розпушуваних смуг. Каток 5, своїми розпушувально-мульчуючими елементами 6, кришить великі грудки на розпушених ділянках, подрібнює та перемішує солому з ґрунтом на нерозпушених ділянках, утворюючи при цьому вирівняний мульчований шар ґрунту.

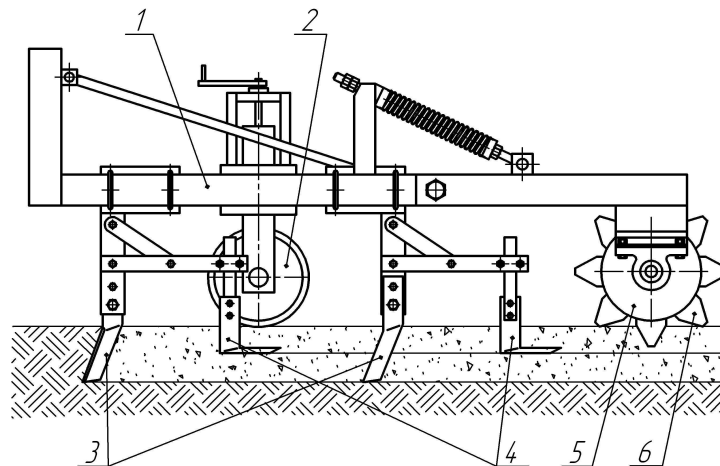


Рис. 1. Схема запропонованого комбінованого знаряддя для дрібного осіннього смугового обробітку:

- 1 – рама; 2 – колесо опорно-регульовальне; 3 – лемеші похилі право- і лівообертові; 4 – лапки односторонні розпушувальні; 5 – каток; 6 – елемент розпушувально-мульчуючий

Тяговий опір переднього похилого лемеша

$$P_{\text{ПЛ}} = P'_{\text{ПЛ}} + P''_{\text{ПЛ}}, \quad (1)$$

де $P'_{\text{ПЛ}}$ – тяговий опір верхньої частини до лінії сколу, Н;

$P''_{\text{ПЛ}}$ – тяговий опір нижньої частини похилого лемеша, нижче лінії сколу, Н.

Тяговий опір верхньої частини до лінії сколу

$$P'_{\text{ПЛ}} = P'_{\text{лез}} + P'_{\text{деф}} + P'_{\text{инр}}, \quad (2)$$

де $P'_{\text{лез}}$ – зусилля на різання лезом, Н;

$P'_{\text{деф}}$ – зусилля на деформацію і сколювання, Н;

$P'_{\text{инр}}$ – зусилля на подолання інерції шару ґрунту, Н.

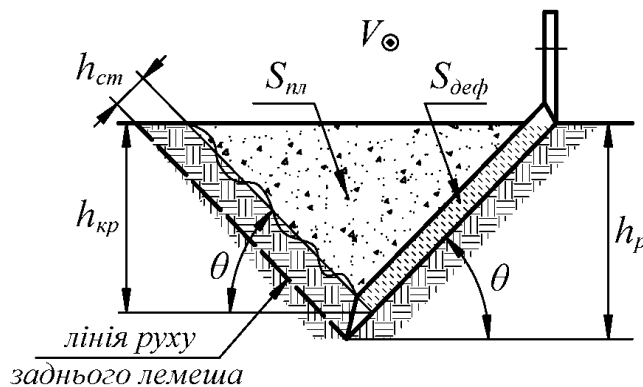


Рис. 2. Схема параметрів розпушуваного шару

Складові тягового опору верхньої частини переднього лемеша, з урахуванням конструктивно-технологічних параметрів (рис. 2) і експериментально певних властивостей ґрунту визначаються виразами:

МОВЧАН М.С., ПИЛИП В.Є.
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПАСИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ

$$P'_{лез} = \int_0^{h_{кр}} (2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s \cdot \cos \beta' \cdot \frac{dh}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (3)$$

- де $h_{кр}$ – глибина ходу різальної кромки, де спостерігається скол ґрунту, м;
 h_i – i -а глибина ґрунтового шару, м;
 s – товщина різальної кромки похилого лемеша, м;
 β' – робочий кут кришіння похилого лемеша, град;
 ν – кут постановки похилого лемеша до напрямку руху, град;
 θ – кут нахилу лемеша в поперечній площині, град;

$$P'_{деф} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta' + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta' + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{h_{кр} \cdot b \cdot \sin \beta'}{\sin \theta \cdot \sin \nu}, \quad (4)$$

- де τ – гранична напруга сколюванню (зрушенню), Н/м²;
 φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;
 φ' – кут тертя ґрунту об сталь, град;
 b – ширина похилого лемеша, м;

$$P'_{инр} = \frac{h_{кр}^2 \cdot tg \theta \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \sin^2 \nu \cdot (\sin \beta + tg \varphi' \cdot \sin \nu (ctg^2 \nu + \cos \beta))}{(ctg \beta - tg \varphi' \cdot \sin \nu)}, \quad (5)$$

- де ρ – щільність ґрунту, кг/м³;
 V – швидкість руху похилого лемеша, м/с;
 β – конструктивний кут кришіння похилого лемеша, град.
Тяговий опір нижньої частини похилого лемеша

$$P''_{ПЛ} = P''_{лез} + P''_{деф}, \quad (6)$$

- де $P''_{лез}$ – зусилля на різання лезом, Н;
 $P''_{деф}$ – зусилля на деформацію (зім'яття), Н.

Складові тягового опору нижньої частини переднього лемеша відповідно визначаються виразами:

$$P''_{лез} = \int_{h_{кр}}^{h_p} (2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s \cdot \cos \beta' \cdot \frac{dh}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (7)$$

$$P''_{деф} = \frac{q \cdot b^2 \cdot (h_p - h_{кр}) \cdot \sin \beta' \cdot \sin(\beta' + \varphi)}{6 \cdot \sin^2 \nu \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi}, \quad (8)$$

- де h_p – максимальна глибина ходу різальної кромки, м;
 q – коефіцієнт об'ємного зім'яття ґрунту, Н/м³.
Задній похилий леміш розпушує ґрунт, зрізуючи стружку завтовшки $h_{см}$ (рис. 3.2), при цьому його тяговий опір визначається виразом

$$P_{ЗПЛ} = P_{лез} + P_{деф} + P_{ин}, \quad (9)$$

- де $P_{лез}$ – зусилля на різання лезом, Н;
 $P_{деф}$ – зусилля на деформацію і сколювання, Н;
 $P_{ин}$ – зусилля на подолання інерції пласта ґрунту, Н.

Враховуючи особливості роботи заднього лемеша, складові тягового опору визначаються виразами:

$$P_{лез} = \int_0^{h_p} (2,98 \cdot h_i - h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s \cdot \cos \beta' \cdot \frac{dh}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (10)$$

$$P_{деф} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta' + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta' + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{h_p \cdot h_{cm}}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \text{ Н}, \quad (11)$$

$$P_{ин} = \frac{V^2 \cdot \rho \cdot \sin^2 \nu \cdot \left(\sin \beta + tg \varphi' \cdot \sin \nu (ctg^2 \nu + \cos \beta)\right)}{ctg \beta - tg \varphi' \cdot \sin \nu} \cdot \frac{h_p \cdot h_{cm}}{\sin \nu \cdot \sin \theta}. \quad (12)$$

Односторонню розпушувальну лапку утворюють дві робочі поверхні (рис. 3), тому її загальний тяговий опір

$$P_{лан} = P'_{лан} + P''_{лан}, \quad (13)$$

де $P'_{лан}$ – опір вертикальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, Н;

$P''_{лан}$ – опір горизонтальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, Н.

Опір $P'_{лан}$ вертикальної робочої частини однобічної розпушувальної лапки, працюючої як двограний клин, визначиться виразом

$$P'_{лан} = P'_{лез.л} + P'_{деф.л} + P'_{инр.л}, \quad (14)$$

де $P'_{лез.л}$ – опір різанню лезом вертикальної робочої частини однобічної розпушувальної лапки, Н;

$P'_{деф.л}$ – опір деформації вертикальній робочій частині однобічної розпушувальної лапки, Н;

$P'_{инр.л}$ – опір інерції пласта ґрунту від вертикальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, Н.

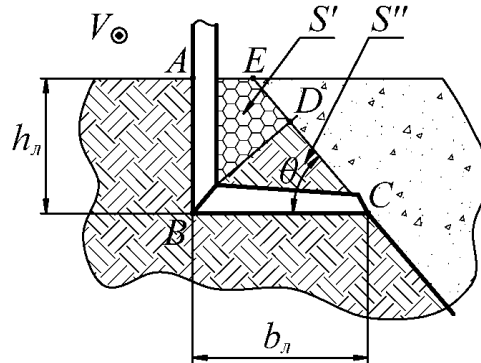


Рис. 3. Схема до визначення площі сколу ґрунту односторонньою розпушувальною лапкою

З урахуванням геометричних параметрів однобічної розпушувальної лапки та твердості ґрунту, що реально змінюється, по глибині, складові опори вертикальної робочої поверхні лапки визначаються по виразах:

$$P'_{лез.л} = \int_0^{h_л} (2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s_{л} \cdot \cos \beta'_л \cdot dh; \quad (15)$$

$$P'_{деф.л} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta'_л + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta'_л + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{4 \cdot h_л \cdot b_л - 2 \cdot h_л^2 \cdot ctg \theta - b_л^2 \cdot tg \theta}{4}; \quad (16)$$

МОВЧАН М.С., ПИЛИП В.Є.
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПАСИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДА

$$P'_{\text{шпр.л}} = \frac{4 \cdot h_{\text{л}} \cdot b_{\text{л}} - 2 \cdot h_{\text{л}}^2 \cdot \text{ctg} \theta - b_{\text{л}}^2 \cdot \text{tg} \theta}{4} \cdot \rho \cdot V^2 \sin \beta'_{\text{л}} \cdot \text{tg}(\beta'_{\text{л}} + \varphi'), \quad (17)$$

де $h_{\text{л}}$ – глибина розпушування однобічною розпушувальною лапкою, м;
 $s_{\text{л}}$ – товщина різальної кромки леза лапки, м;
 $\beta'_{\text{л}}$ – робочий кут кришіння вертикальної робочої поверхні односторонньої розпушувальної лапки, град;
 ρ – щільність ґрунту, кг/м³;
 $b_{\text{л}}$ – ширина захвату однобічної розпушувальної лапки, м;
 V – швидкість руху лапки, м/с.

Опір $P''_{\text{лап}}$ горизонтальної робочої частини однобічної розпушувальної лапки, працюючої як тригранний клин з горизонтально розташованою різальною кромкою, визначиться виразом

$$P''_{\text{лап}} = P''_{\text{лез.л}} + P''_{\text{деф.л}} + P''_{\text{ін.л}}, \quad (18)$$

де $P''_{\text{лез.л}}$ – опір різанню лезом горизонтальної робочої частини однобічно-розпушувальної лапки, Н;

$P''_{\text{деф.л}}$ – опір деформації горизонтальній робочій частині однобічної розпушувальної лапки, Н;

$P''_{\text{ін.л}}$ – опір інерції шару ґрунту від горизонтальної робочої частини однобічної розпушувальної лапки, Н.

З урахуванням конструктивно-технологічних параметрів однобічної розпушувальної лапки та експериментальних даних зміни твердості ґрунту по глибині, складові опори горизонтальної робочої поверхні лапки визначаються по виразах

$$P''_{\text{лез.л}} = (2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2) \cdot 10^6 \cdot \frac{b_{\text{л}}}{\sin \nu_{\text{л}}} \cdot s_{\text{л}} \cdot \cos \beta', \quad (19)$$

$$P''_{\text{деф.л}} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta'_{\text{л}} + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta'_{\text{л}} + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{1}{4} \cdot b_{\text{л}}^2 \cdot \text{tg} \theta, \quad (20)$$

$$P''_{\text{ін.л}} = \frac{b_{\text{л}}^2 \cdot \text{tg} \theta}{4} \cdot \frac{\rho \cdot V^2 \cdot \sin^2 \nu_{\text{л}} \cdot (\sin \beta''_{\text{л}} + \text{tg} \varphi' \cdot \sin \nu_{\text{л}} (\text{ctg}^2 \nu_{\text{л}} + \cos \beta''_{\text{л}}))}{(\text{ctg} \beta''_{\text{л}} - \text{tg} \varphi' \cdot \sin \nu_{\text{л}})}. \quad (21)$$

де $\nu_{\text{л}}$ – кут в плані односторонньої розпушувальної лапки, град;
 $\beta''_{\text{л}}$ – робочий кут кришіння вертикальної робочої поверхні односторонньої розпушувальної лапки, град.

Дані досліджень показують, що при збільшенні робочої швидкості тяговий опір похилих лемешів і однобічних розпушувальних лапок збільшуються по нелінійній залежності. Більша частина енерговитрат доводиться на передній ряд похилих лемешів у складі комбінованого знаряддя. На основній робочій швидкості (2,12 м/с) тяговий опір переднього похилого лемеша при глибині розпушування 0,16 м складає 1400 Н.

На задній похилій леміш доводиться менше енерговитрат, оскільки він рухається в ґрунті, частково обробленому переднім похилим лемешем. Його тяговий опір на основній робочій швидкості при глибині розпушування 0,16 м склало 825 Н.

На однобічну розпушувальну лапку доводиться менше всього енерговитрат: на глибині розпушування 0,08 м її тяговий опір на основній робочій швидкості склав 510 Н.

Список літератури

1. Савельев Ю.А. Осенью – полосовое рыхление / Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин // Сельский механизатор, 2007. – № 10. – С. 20.

2. Ишкин П.А. Повышение эффективности разуплотнения почвы комбинированным орудием при мелкой осенней полосовой обработке: автореф. дис. канд. техн. наук / П.А. Ишкин. Пенза, 2008. – 19 с.

RESEARCH OF HAULING RESISTANCE OF PASSIVE WORKING ORGANS OF THE COMBINED INSTRUMENTS IS FOR TILL OF SOIL

M.S. Movchan, V.E. Philip

The offered new construction of the combined instruments is for shallow autumn band till of soil. Hauling resistance of passive working organs and their constituents are investigational.