

УДК 631.316.2

© 2010

Хейло М.І., доцент, Канівець О.В., асистент, Хейло І.М., інженер
Полтавська державна аграрна академія

РОЗРОБКА ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ З АКТИВНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Рецензент – кандидат технічних наук М.І. Запорожець

Дається обґрунтування використання у сільсько-господарському виробництві для основного обробітку ґрунту плоскорізів-глибокорозпушувачів з активними робочими органами, застосування яких дає можливість значно підвищити ККД тракторів завдяки передачі від двигуна трактора частини енергії ґрунтообробної машини не через рушії, а через ВВП трактора. Це сприятиме також підвищенню продуктивності агрегату при поступальному русі й ширині захвату. Активний робочий орган, що здійснює кутові коливання в горизонтальній площині, порівняно з пасивними – стає керованим, що дозволяє (в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту) в широких межах змінювати режими роботи.

Ключові слова: культиватор-плоскоріз, робочий орган, лапа, потужність, привод, продуктивність праці.

Постановка проблеми. З практики сільсько-господарського виробництва відомо, що найбільш поширені лапові культиватори не в повній мірі задовольняють агротехнічні та господарсько-економічні вимоги. Так, до основних недоліків слід віднести: 1) створення нерівної гребінчастої поверхні поля, яка збільшує випаровування вологи; 2) вивертання нижніх вологих шарів ґрунту; 3) недостатнє знищення бур'янів.

У зв'язку з впровадженням у виробництво навісних культиваторів тракторист зобов'язаний обслуговувати такі культиватори без причіпних засобів, а це означає додаткові зупинки для очищення робочих органів від бур'янів та ґрунту, що веде до зниження продуктивності праці.

Таким чином, різноманіття ґрунтів, зміна їх вологості й щільності ґрунту протягом сезону, різний характер забур'яненості як за кількістю, так і віку (одно- та багаторічні), а також і за видами бур'янів, різна глибина культивації не дають змоги конструктору створити універсальний робочий орган з оптимальними параметрами. Найбільш близьким до вирішення цих питань є створення активних робочих органів культиваторів-плоскорізів, що здійснюють кутові коливання в горизонтальній площині, порівняно з

пасивними робочими органами. При цьому такий обробіток ґрунту стає керованим, що дозволяє (в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту) в широких межах змінювати режим роботи.

Агротехнічні вимоги до розпушування ґрунту ґрунтообробним агрегатом з активними робочими органами полягають у тому, що машина повинна забезпечити розпушування ґрунту на рівномірну глибину, до того ж дно борозни і поверхні поля після проходження лап мають залишатися рівними, без гребінців і борізд. Недопустимий виніс лапами нижніх горизонтів ґрунту на поверхню поля, оскільки це призводить до його висушування. Лапи плоскоріза повинні повністю підрізати бур'яни. В умовах нормальної та підвищеної вологості ґрунту робочі органи машини не повинні забиватися рослинними рештками і землею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Плоскоріз-глибокорозпушувач – знаряддя для глибокого розпушування ґрунту без його перемішування й пошкодження стерні [2]. Їх застосовують для обробітку ґрунту, що зазнає вітрової ерозії. Плоскорізи-глибокорозпушувачі підрізають коріння бур'янів на глибині 0,12...0,30 м; стерня, що залишається на полі, затримує сніг, оберігає ґрунт від видування та змиву, сприяє нагромадженню вологи [4]. Основні вузли глибокорозпушувача (що випускається в наш час) – рама, плоскорізні лапи, механізм регулювання глибини обробітку ґрунту, опорні колеса, навіска [2].

Однак, не зважаючи на переваги, плоскорізи-глибокорозпушувачі з пасивними робочими органами мають чимало технологічних недоліків. Тому й постала необхідність створити новий агрегат, який би найкраще виконував усі агротехнічні вимоги щодо основного обробітку ґрунту [6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Аналіз останніх розробок і публікацій свідчить про необхідність глибшого вивчення окремих пи-

тань, що стосуються ширшого дослідження плоскорізів з активними робочими органами.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень є підрахунок потужностей, необхідних для приводів тяги та робочих органів, а завданням – визначити продуктивність праці агрегату на підвищених швидкостях.

Матеріали і методи дослідження. Об'єкт дослідження – плоскоріз-глибокорозпушувач з активними робочими органами, створений на базі плоскоріза КПП-2,2, який більш ефективно і з найменшими матеріальними затратами виконує задачі, поставлені агротехнічними вимогами щодо основного обробітку ґрунту. Методичною основою проведених досліджень є порівняння продуктивності праці агрегату на підвищених швидкостях, з аналогом із пасивними робочими органами.

Результати досліджень. Плоскоріз-глибокорозпушувач з активними робочими органами складається із складеної рами, двох опорних коліс, привідних валів, двох перетворювачів обертового руху в коливальний, знижуючого кінцевого редуктора, проміжної муфти, двох плоскорізних лап та піднімально-установочного механізму.

Принцип роботи машини полягає у перетворенні обертового руху, що передається від валу відбору потужності трактора в коливальний рух плоскорізних лап [7]. Кінематична схема показана на рис. 1.

У даному випадку основний робочий орган – це активна плоскорізна лапа, що здійснює низькочастотні коливання в діапазоні 3...6 Гц, із кутовою амплітудою коливань 0,4...0,5 радіан.

Для перетворення обертового руху в коливальний є два перетворювачі 3. Крутний момент передається від валу відбору потужності трактора через карданну передачу 1 на понижуючий кінцевий редуктор 2. Через понижуючий редуктор крутний момент передається безпосередньо на один перетворювач і через ланцюгову передачу та проміжну муфту 4 на другий перетворювач, причому вхідні вали перетворювачів обертаються з однаковою частотою. Через перетворювачі здійснюється привод робочих органів 5.

У запропонованій машині використовується привод [2], показаний на рис. 2, який складається з корпусу 5, каменя 4, косої втулки 3, вала косої втулки 2. Рух від вала відбору потужності трактора через редуктор і проміжні вали передається валу 2. На ньому жорстко закріплена коса втулка 3, вісь якої зміщена на кут φ по відношенню до осі вала 2.

Коса втулка, обертаючись у циліндричному отворі каменя 4, надає йому рух у горизонтальній та вертикальній площинах. У свою чергу камінь 4, рухаючись вільно в прямокутному отворі корпусу 5 у вертикальній площині, надає корпусу 5 у горизонтальній площині вимушені повороти на заданий кут φ .

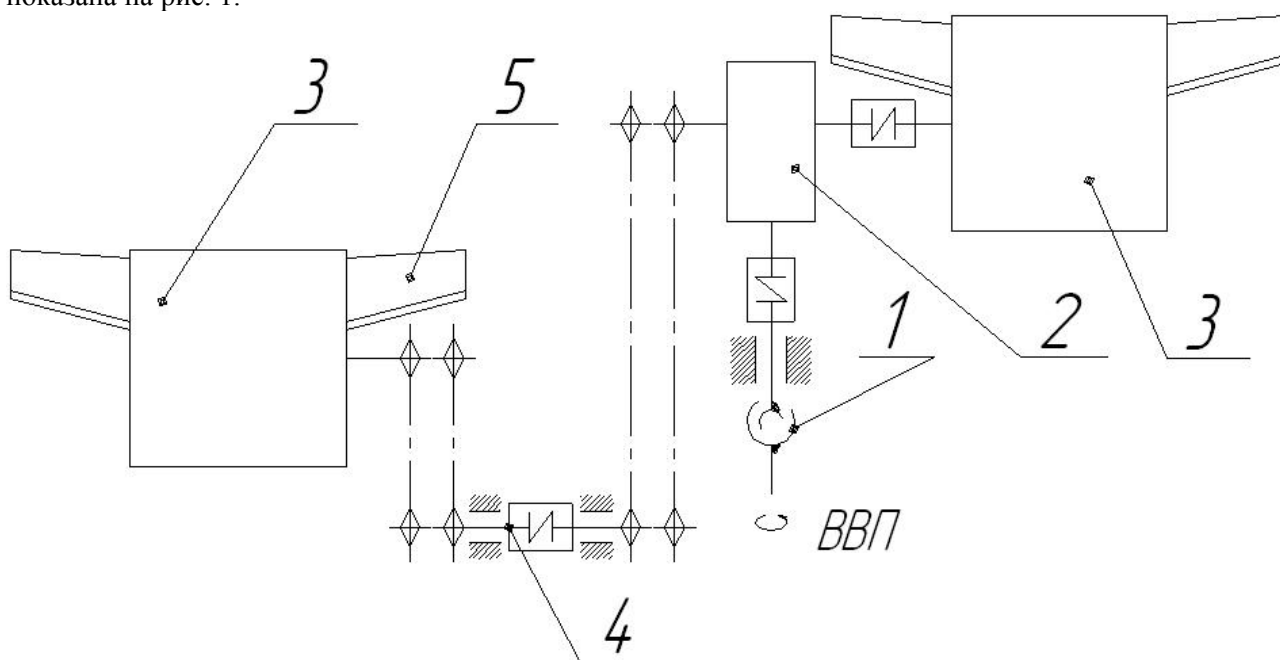


Рис. 1. Кінематична схема привода плоскоріза з активними робочими органами:

1 – система карданних валів; 2 – кінцевий редуктор; 3 – перетворювач обертового руху в коливальний; 4 – проміжна муфта; 5 – робочий корпус.

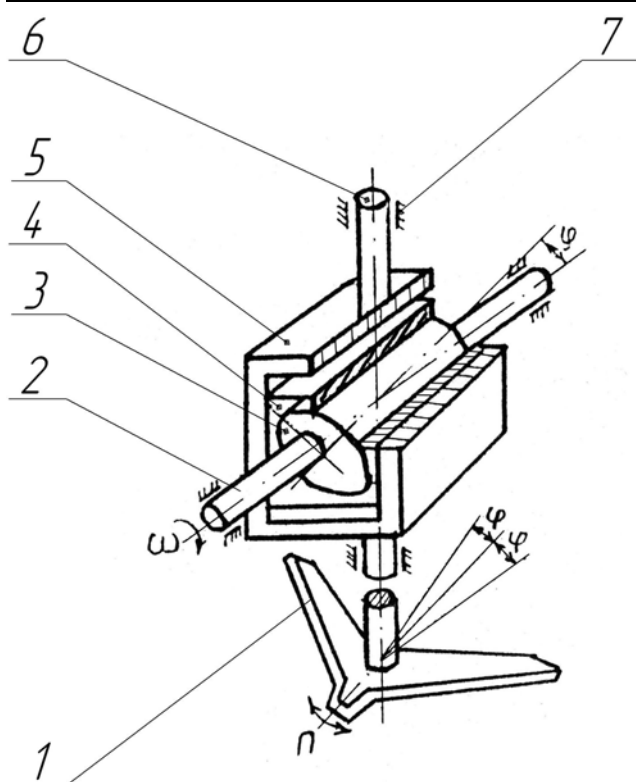


Рис. 2. Схема механізму привода з косою втулкою:

1 – активна лапа; 2 – вал косої втулки; 3 – косо втулка; 4 – камінь; 5 – корпус; 6 – цапфа; 7 – підшипники.

Корпус 5 верхньою та нижньою цапфами 6 закріплений у підшипниках 7 корпуса механізму привода, що встановлений жорстко на рамі плоскоріза. Нижня цапфа корпуса 5 жорстко зв'язана з циліндричною стійкою активної лапи 1, яка здійснює кутові коливання в горизонтальній площині.

Розглянута конструкція привода дозволяє підвищити максимальну швидкість різання ґрунту активною лапою [6], зменшити затрати на виробництво привода, так як зменшуються його розміри та маса, а також підвищується надійність роботи механізму.

При використанні трактора на механізованих роботах не вся ефективна потужність двигуна витрачається на корисну роботу, – значна її частина витрачається на подолання різних опорів.

Корисну потужність трактора, тобто потужність, яка використовується для тяги та приводу робочих органів плоскоріза з активними робочими органами, розраховуємо за формулою:

$$N_{кор} = N_{кр} + N_{всп}, \quad (1)$$

де: $N_{кор}$ – корисна потужність трактора, кВт;

$N_{кр}$ – потужність, що витрачається тільки на тягу плоскоріза, кВт;

$N_{всп}$ – потужність, яку може передати трактор на привід робочих органів плоскоріза, кВт.

Знаходимо потужність, яка витрачається на тягу машини, за формулою:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} v_p}{3,6}, \quad (2)$$

де: $P_{кр}$ – сила, що витрачається на рух машини в робочому режимі, кН;

v_p – робоча швидкість машини, км/год.

Силу, яка витрачається на рух машини, розраховуємо за формулою:

$$P_{кр} = B_p \gamma_{нит} + G_{маш} f, \quad (3)$$

де: B_p – робоча ширина захвату машини, м;

$\gamma_{нит}$ – питомий опір ґрунту плоскоріза з активними робочими органами

(за експериментальними даними $\gamma_{нит} = 7$ кН/м);

$G_{маш}$ – експлуатаційна вага машини, кН; (з креслення $G_{маш} = 15$ кН);

f – коефіцієнт опору перекочуванню (приймаємо з [5] – $f = 0,1$).

Отже, гакове зусилля становить:

$$P_{кр} = 1,8 \cdot 7 + 15 \cdot 0,1 = 14,1 \text{ кН}.$$

У розрахунках часто використовують середнє значення потужності на валу відбору потужності трактора (що встановлюється в ході випробування машини) та приводяться в довідковій літературі [5]. В аналогічних машинах $N_{всп} = 9 \dots 10$ кВт. Приймаємо $N_{всп} = 9,5$ кВт.

Тоді з отриманих вище даних визначаємо гакову та корисну потужності, які використовує машина:

$$N_{кр} = \frac{10,6 \cdot 14,1}{3,6} = 41,5 \text{ кВт},$$

$$N_{кор} = 41,5 + 9,5 = 51 \text{ кВт}.$$

З урахуванням отриманих результатів за довідником [1] підбираємо трактор, з яким буде агрегатуватися машина, що проектується; приймаємо трактор Т-150.

Виходячи з експериментальних даних потужність, що витрачається на привід робочих органів, рівна $N_{всп} = 9,5$ кВт.

Під час агрегування плоскоріза з активними робочими органами з трактором Т-150 частота обертання вихідного вала редуктора відбору потужності стандартизовано двома значеннями [1]: $n_{всп1} = 540 \text{ хв}^{-1}$ та $n_{всп2} = 1000 \text{ хв}^{-1}$. Для розрахунків

приймаємо $n = 540 \text{ хв}^{-1}$.

Крутний момент на вихідному валу відбору потужності трактора при номінальному завантаженні визначається за формулою:

$$T_{кр.всп} = \frac{N_{всп}}{2\pi n_{всп}}, \quad (4)$$

де $n_{всп}$ – частота обертання вихідного вала відбору потужності, с^{-1} .

Отже, крутний момент на вихідному ВВП трактора становить:

$$T_{кр.всп} = \frac{9500}{2 \cdot 3,14 \cdot 9} = 168 \text{ Нм}.$$

Крутний момент на вихідному валу конічного редуктора плоскоріза з активними робочими органами визначається за формулою:

$$T_{кр.ред} = T_{кр.всп} i, \quad (5)$$

де i – передаточне число редуктора.

Таким чином, крутний момент на вихідному валу конічного редуктора плоскоріза дорівнює:

$$T_{кр.ред} = 168 \cdot 1,5 = 252 \text{ Нм}.$$

Визначаємо продуктивність агрегату з активними робочими органами.

Теоретична продуктивність залежить від конструктивної ширини захвату й теоретичної швидкості руху агрегату і визначається за формулою:

$$W_{з.т.} = 0,1 B_k \mathcal{G}_m, \quad (6)$$

де: B_k – конструктивна ширина захвату, м;
 v_m – теоретична швидкість руху, км/год (робота виконується трактором Т-150 на IV передачі, приймаємо $v_m = 10,62$ км/год).

Теоретична продуктивність становить:

$$W_{з.т.} = 0,1 \cdot 1,8 \cdot 10,62 = 1,9 \text{ га / год}.$$

Визначаємо фактичну ширину захвату агрегату за формулою:

$$B_\phi = B_k \beta, \quad (7)$$

де β – коефіцієнт ширини захвату (вибираємо з довідкових даних) [3]

$\beta = 0,95 \dots 0,96$). Приймаємо $\beta = 0,955$.

Тоді фактична ширина захвату агрегату дорівнює:

$$B_\phi = 1,8 \cdot 0,955 = 1,72 \text{ м}.$$

Вплив факторів, що враховують відмінність робочої швидкості від теоретичної, враховується коефіцієнтом використання швидкості, який визначається за формулою:

$$\varepsilon_1 = \frac{\mathcal{G}_p}{\mathcal{G}_m} = \frac{\mathcal{G}_m \delta}{\mathcal{G}_m}, \quad (8)$$

де δ – коефіцієнт буксування (приймаємо з [1] – $\delta = 1$).

Отже, коефіцієнт використання швидкості:

$$\varepsilon_1 = \frac{10,62 \cdot 1}{10,62} = 1.$$

З урахуванням цих факторів технічну продуктивність агрегату можна виразити формулою:

$$W_{з.тех.} = 0,1 B_\phi \mathcal{G}_p \tau, \quad (9)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни (приймаємо з [5] – $\tau = 0,8$).

Таким чином, технічна продуктивність становить:

$$W_{з.тех.} = 0,1 \cdot 1,72 \cdot 10,62 \cdot 0,8 = 1,46 \text{ га / год}.$$

Змінну технічну продуктивність агрегату визначаємо за формулою:

$$W_{зм.} = 0,1 B_\phi \mathcal{G}_p T_{зм}, \quad (10)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, год.; (приймаємо $T_{зм} = 7$ год.).

Тоді, змінна технічна продуктивність дорівнює:

$$W_{зм.} = 0,1 \cdot 1,72 \cdot 10,62 \cdot 7 = 12,8 \text{ га / зміна}.$$

Сезонну технічну продуктивність визначаємо за формулою:

$$W_{сез} = W_{зм.} m_{зм}, \quad (11)$$

де $m_{зм}$ – кількість змін за сезон відпрацьованих агрегатом (приймаємо з [7] – $m_{зм} = 30$).

Отже, сезонна технічна продуктивність становить:

$$W_{сез} = 12,8 \cdot 30 = 384 \text{ га / сезон}.$$

Дійсна (експлуатаційна) продуктивність – це продуктивність, яку забезпечує агрегат [3] в умовах експлуатації. Слід відзначити, що величина цієї продуктивності багато в чому залежить від організації праці.

Висновки. Таким чином, плоскоріз-глибокорозпушувач з активними робочими органами має низку переваг над його аналогом із пасивними робочими органами: така машина дає можливість значно знизити тяговий опір (близько 30%), забезпечити повне підрізання бур'янів та схід рослинних решток і частинок ґрунту, що прилипли, з робочого органу. При цьому забезпечується рівномірний рух на заданій глибині без виносу лапами нижніх горизонтів ґрунту на поверхню

поля, оскільки це призводить до його висушування.

Підрахована потужність, необхідна для приводу тяги та приводу робочих органів. Визначе-

на продуктивність праці агрегату на підвищених швидкостях, яка значно вища від аналога з пасивними робочими органами.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Белоконь Я.Ю.* Трактора. – К.: Урожай, 1991. – 168 с.
2. *Верняев О.В.* Активные рабочие органы культиваторов. – М.: Машиностроение, 1983. – 80 с.
3. *Диденко Н.К.* Эксплуатация машинно-тракторного парка. – К.: Вища школа, 1977. – 245 с.
4. *Кононюк В.А.* Справочник агронома. – К.: Урожай, 1985. – 255 с.
5. *Фере Н.Э.* Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка. – М.: Колос. – 1978. – 254 с.
6. *Хейло М.І., Прасолов Є.Я., Канівець О.В. та ін.* Патент на корисну модель №46162 «Ґрунтообробний робочий орган». – Бюл. №23. – 2009. – 6 с.
7. *Хотюн Г.В., Волик Б.А., Пугач А.Н.* Повышение надежности механизма качающейся шайбы активного культиватора-плоскореза путём оптимизации режима смазки // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – 2007. – Том 6. – С. 176-180.