

новский, И. И. Кандрусев, В. Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1990. – № 3. – С. 21–23.

5. Кутьков Г. М. Технологические основы и тяговая динамика мобильных энергетических средств / Г. М. Кутьков. – М.: Изд-во МИИСП, 1993. – 151 с.

6. Артьомов М. П. Математична модель машинно-тракторного агрегату з використанням метода парціальних прискорень / М. П. Артьомов // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 11, т.1(65). – С. 34–40.

7. Ляпунов А. М. Лекции по теоретической механике / А. М. Ляпунов. – К.: Наукова думка, 1982. – 362 с.

В статье предложен теоретический подход для исследования управляемости и устойчивости движения мобильного сельскохозяйственного агрегата, представленного в виде динамической системы, моделирующей его движение, который используют для оптимизации процесса управления. Экспериментальную методику используем для определения углов отклонения агрегата в процессе его работы и своевременного обеспечения оптимизации параметров управления.

Динамическая система, параметры, моделирование, мобильный сельскохозяйственный агрегат, управление.

The article suggests theoretical approach to the study of controllability and stability of the motion of mobile agricultural units, presented in the form of a dynamic system, which simulates its movement used to optimize the management process. We use experimental methods to determine the angles of deflection of the machine during operation and timely provision of optimizing the control parameters.

Dynamic system parameters modeling, mobile agricultural units, management.

УДК 631.313.02

УМОВИ САМООРГАНІЗАЦІЇ ТРИБОСИСТЕМИ «РОБОЧИЙ ОРГАН – ҐРУНТ»

**С. М. Герук, кандидат технічних наук
Національний науковий центр «Інститут механізації
та електрифікації сільського господарства»**

**К. В. Борак, кандидат технічних наук
В. Г. Руденко, магістр
Житомирський агротехнічний коледж**

© С. М. Герук, К. В. Борак, В. Г. Руденко, 2015

В роботі представлено умови самозагострювання (самоорганізації) лемішно-лапових робочих органів ґрунтообробних машин та встановлено 5 умов для самозагострювання дискових робочих органів ґрунтообробних машин.

Ґрунт, робочий орган, трибосистема, самозагострювання.

Постановка проблеми. В процесі різання ґрунту дисковими робочими органами лезо входить в ґрунт при великому питомому навантаженні на ріжучу кромку. При таких умовах роботи відбувається швидке затуплення лез робочих органів, в результаті чого машина швидко втрачає працездатність.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями автором [1] встановлено 4 умови самозагострювання (самоорганізації) робочих органів ґрунтообробних машин:

1. Радіус затуплення R_k ріжучої кромки в процесі роботи леза не повинен перевищувати допустимого R_δ , обумовленого нормальним протіканням технологічного процесу різання робочої маси.

2. Товщина несучого шару δ_n повинна бути мінімально можливою для забезпечення необхідної міцності твердого шару:

$$\delta_n = \delta_m K_n \delta, \quad (1)$$

де: K_n – коефіцієнт міцності твердого шару, який може, в залежності від властивостей ґрунту і твердого сплаву, змінюватись в широкому діапазоні (для лез наплавлених сормайтотом $K_n = 1,0 \dots 1,8$).

3. Твердість зносостійкого шару H_m повинна бути у відповідному співвідношенні з твердістю несучого шару:

$$H_m = K H_n, \quad (2)$$

де: K – коефіцієнт, який залежить від абразивних властивостей ґрунту ($K = 1,2 \dots 2,8$).

4. Зміцненню, як правило, повинна підлягати та грань леза, яка піддається найменшому зношенню. Якщо ця умова не буде виконуватись то інтенсивність зношування твердого і м'якого шару вирівнюється, що неминуче призведе до затуплення леза. В деяких випадках зміцнення проводять з іншої сторони леза для використання на супіщаних і піщаних ґрунтах.

В роботі [2] висловлюються сумніви, що до коректності формулювання 4-ої умови самозагострювання. В США та Канаді в деяких ґрунтово-кліматичних зонах (супіщані та піщані ґрунти) застосовують наплавку на поверхню, яка інтенсивніше зношується [1].

Чотири умови самозагострювання автором [1] були встановлені в результаті дослідження процесу зношування лемешів та лап культиваторів. Виходячи з цього, необхідно провести дослідження процесу зношування дискових робочих органів для уточнення умов самозагострювання.

Мета досліджень – обґрунтувати умови самозагострювання робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь

Результати досліджень. Як зазначалося вище, в дослідженнях В. М. Ткачова [1] встановлено 4 умови самозагострювання лемішно-лапових робочих органів ґрунтообробних машин. В подальших дослідженнях [3] висловлювалися сумніви, щодо коректності 4 умови самозагострювання, оскільки 4 умови розглядають не всі фактори, які впливають на виникнення ефекту самозагострювання й потребують уточнень і доповнень для робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь за таких причин:

- дані дослідження проводилися на робочих органах, де швидкість переміщення в абразивній масі змінюється мало і дорівнює швидкості руху знаряддя, з якою вона співпадає за напрямком, (леміш, лапа культиватора) і протягом всього періоду зношування розподіл навантаження носить стаціонарний характер;

- не враховано можливість зміни виду зношування (з абразивного на ударно-абразивне та ударно-втомлювальне);

- інтенсивність зношування робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь на порядок менша за інтенсивність зношування лемішно-лапових робочих органів;

- кут кришіння в робочих органах дискових ґрунтообробних знаряддях у декілька разів більший, ніж у лемішно-лапових робочих органах;

- не взято до уваги вплив сторони й кута загострення робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь на інтенсивність зношування.

Отже 4 умови самозагострювання, запропоновані В. М. Ткачовим [1], не повністю розкривають природу формоутворення лез робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь. Проведений аналіз умов самозагострення свідчить, що 2 і 3 умова не викликають сумнівів, а 1 та 4 потребують уточнень і доповнень.

Так 1 умова самозагострювання стверджує, що радіус заокруглення R_k ріжучої крайки в процесі роботи леза не повинен перевищувати допустимого значення $R_{k, \partial}$, обумовленого нормальним протіканням технологічного процесу обробітку ґрунту. При цьому гранична товщина затупленого леза становить $h \leq 2R_{k, \partial}$. В. М. Ткачов зазначає, що товщина твердого шару біметалевого РО для задоволення 1 умови повинна відповідати $h_m \leq 2R_{k, \partial}$ [1]. Але дане твердження, на нашу думку, справедливе тільки при виконанні 4 умови самозагострювання, тобто коли зміцненню підлягає та грань леза яка піддається найменшому впливу. Для робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь виконання 4 умови взагалі неможливо. Зміцнення грані леза, яка піддається найменшому впливу, призведе до виступу тве-

рдого шару над в'язким, а оскільки в робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь досить висока ймовірність виникнення динамічних навантажень, що неминуче приведе до обломлювання зміцненої поверхні. У попередніх дослідженнях використовувався зміцнений шар однорідний за товщиною на всій поверхні, а загострення проводили зі сторони більш м'якого й менш зносостійкого матеріалу. Для досягнення ефекту самозагострювання в робочих органах дискових ґрунтообробних знарядь необхідно зміцнювати і одночасно загострювати кромку леза зі сторони більш інтенсивного зношування, тобто з зовнішньої поверхні (рис. 1).

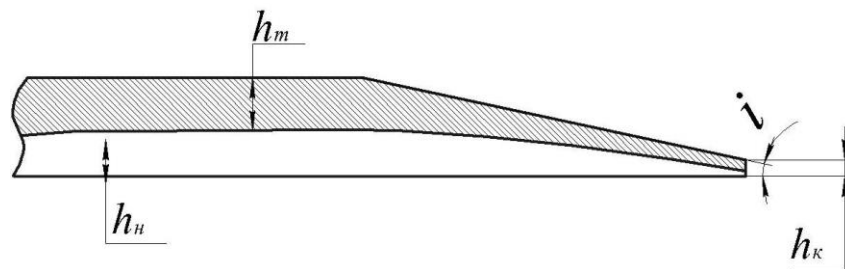


Рис. 1. Зміна товщини несучого і зміцненого шару: h_m – товщина зміцненого шару, h_n – товщина несучого шару, h_k – товщина ріжучої кромки, i – кут загострення.

Товщина зміцненого шару повинна змінюватись від крайки леза в сторону його збільшення. Товщина несучого шару повинна унеможлилювати виступання зміцненого і відповідно його обломлювання.

Співвідношення товщини зміцненого і несучого шару визначається з наступних умов: співвідношення твердості зміцненого і несучого шарів; співвідношення інтенсивності зношування сторін робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь. При рівності співвідношення товщини несучого і зміцненого шару повинно дорівнювати 1:

$$H_m/H_n = I_{Vm}/I_{Vn} = 1, \quad (3)$$

де: H_m та H_n – відповідно твердість зміцненого та несучого шару; I_{Vm}, I_{Vn} – відповідно інтенсивність зношування зміцненого та несучого шару.

У реальних умовах досягти такого співвідношення досить складно, тому для визначення співвідношення товщини зміцненого і несучого шарів розглянемо інтенсивність зношування внутрішньої і зовнішньої поверхні.

У роботах М. М. Хрущова та М. А. Бабічева [6] отримано прямо пропорційну залежність між інтенсивністю об'ємного зносу й нормальним навантаженням:

$$I_v = cN, \quad (4)$$

де: c – коефіцієнт пропорційності, який залежить від властивостей матеріалу і стираючої властивості абразивної поверхні.

Тому для виявлення співвідношення інтенсивності зношування внутрішньої і зовнішньої сторони робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь розглянемо силову взаємодію робочого органу у процесі експлуатації з ґрунтом, прийнявши при цьому, що:

$$H_{\text{сум}}/P_{\Sigma} = I_{Vm}/I_{Vm}, \quad (5)$$

де P_{Σ} – сумарне навантаження на внутрішню поверхню диска; $H_{\text{сум}}$ – сумарне навантаження на зовнішню поверхню диска яку необхідно зміцнювати.

Як показують експериментальні дослідження, співвідношення $H_{\text{сум}}/P_{\Sigma}$ не має чіткого характеру й змінюється в широкому діапазоні залежно від умов експлуатації (твердості ґрунту, швидкості руху, радіуса кривизни, діаметру диска та ін.). Відповідно при проектуванні самозагострюючих робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь необхідно визначити початкові параметри робочих органів і умови роботи в яких буде відбуватися їх експлуатації. Як уже зазначалося вище, важливим для визначення співвідношення товщини зміцненого і несучого шарів є співвідношення їх твердості. Ураховуючи різноманіття способів зміцнення і різне співвідношення твердості несучого і зміцненого шарів необхідно намагатися зменшувати товщину несучого шару. Для досягнення ефекту самозагострення необхідно врахувати початковий кут загострення робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь. В роботах В. Ф. Стрельбицького [4, 5] відзначено, що для двошарового леза при куті загострення 17° (кут загострення однорідних серійних робочих органів) відбувалося обломлювання кромки леза через виступання твердого зміцненого шару над несучим. Для збереження початкового кута загострення необхідно загострювати зовнішню сторону робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь під кутом $28...30^\circ$ [3]. Таким чином, уточнені нами умови самозагострення для робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь зводяться до наступного:

- співвідношення товщини зміцненого і несучого шару протягом всього терміну експлуатації повинно забезпечувати таку умову: радіус затуплення повинен бути меншим допустимого радіусу, який обумовлений нормальним протіканням технологічного процесу ($R_K < R_{K.д.}$). Для дискових ґрунтообробних знарядь дану умову можна реалізувати за рахунок зміни товщини зміцненого шару від крайки до основи диска, щоб урівняти знос зміцненого шару з несучим для збереження початкової форми;

- товщина несучого шару повинна бути мінімально можливою, забезпечуючи при цьому необхідне підвищення міцності зміцненого шару;

- зміцненню і загостренню повинна підлягати робоча поверхня леза, яка більш інтенсивно зношується;

– твердість зміцненого шару повинна бути у відповідному співвідношенні ((1,4...1,8):1) з твердістю несучого шару в залежності від абразивних властивостей ґрунту;

– кут загострення леза повинен складати $i = 28^\circ \dots 30^\circ$.

Висновок. Як бачимо для робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь необхідно виконання 5 умов, причому друга і третя умова запропонована В. М. Ткачевим для лемішно-лапових робочих повністю справедлива і для робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь, перша умова дещо уточнена, а 4 умова обернено протилежна.

Список літератури

1. Ткачев В. Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания / В. Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.
2. Бобрицький В. М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 / Бобрицький Віталій Миколайович. – Кіровоград, 2007. – 182 с.
3. Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 – тертя та зношування в машинах / Борак Костянтин Вікторович. – Харків, 2013. – 217 с.
4. Стрельбицкий В. Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины / В. Ф. Стрельбицкий. – М.: Машиностроение, 1978. – 135 с.
5. Стрельбицкий В. Ф. Силовые характеристики рабочих органов дисковых плутильников и борон / В. Ф. Стрельбицкий // Тракторы и сельхозмашины. – М., 1968. – № 1. – С. 30–33.
6. Хрущов М. М. Абразивное изнашивание / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 252 с.

В работе представлены условия самозатачивания лемешно-лаповых рабочих органов почвообрабатывающих машин и установлено 5 условий для самозатачивания дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Почва, рабочий орган, трибосистемы, самозатачивание.

The paper presents the conditions of self-sharpening plow-tine working organs of tillers and set the conditions for self-sharpening 5 disk working organs of tillers.

Soil, working part, tribosystem, self-sharpening.