

УДК 631.316

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РУХУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО АГРЕГАТУ ТА НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна)

Розглянуто чинники впливу на енергетичні показники сільськогосподарського агрегату при виконанні технологічного процесу, означені напрямки підвищення його ефективності

Вступ. Виконання технологічного процесу сільськогосподарським агрегатом будь-якого призначення супроводжується впливом значної кількості чинників, що зумовлюють порушення швидкісного режиму та відхилення від заданого напрямку. Це, в свою чергу, призводить до порушення, з одного боку, вимог агротехніки, а з іншого, до підвищення енергетичних витрат на виконання технологічного процесу. Сільськогосподарські агрегати в основному призначенні для виконання технологічних процесів на прямолінійних ділянках, тому відхилення від прямолінійного руху значно знижує якість їх роботи, змінює технологічні і енергетичні показники процесу. Змінність зовнішніх умов особливо стан поверхні поля, його мікрорельєф призводять до різного буксування ведучих коліс трактора, спостерігається коливання в горизонтальній площині. Це явище зростає при значному тяговому опорі сільськогосподарської машини і при роботі на полі із значними нерівностями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При проведенні досліджень руху сільськогосподарських агрегатів, що пов'язаний з коливаннями у вертикальній та горизонтальній площинах для спрощення використовують теоретичний профіль у вигляді синусоїди (рис.1).

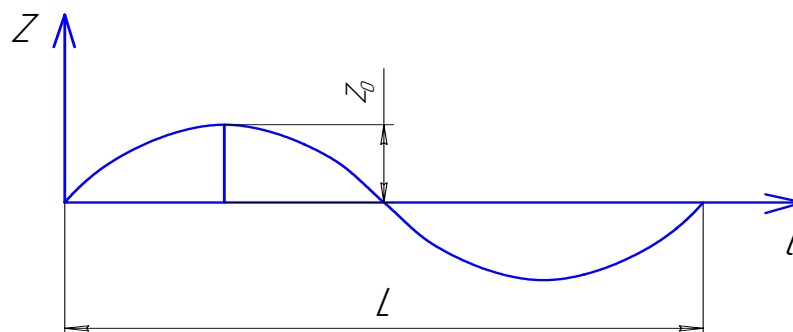


Рисунок 1 – Теоретичний профіль поля в вертикальній площині

В залежності від періоду і частоти відрізняють малі, середні і великі коливання, що пов'язані з мікро-, мезо- і макрорельєфом. Для цієї кваліфікації встановлені середньостатистичні дані межі періоду коливань: до 1,4 м – малі; від 1,4 до 20 м – середні і більше 20 м – великі [1, 2, 3]. Відносно висоти нерівностей Z_0 існують наступні дані: 0,06...0,1 м – середні значення відхилення, а максимальні значення знаходяться в межах від 0,2 до 0,3 м [4].

Рівномірність руху сільськогосподарського агрегату по траєкторії у вигляді синусоїди порушується в зв'язку з тим, що складова сили тяжіння агрегату має різний знак при спуску і підйому на нерівність. При цьому, не тільки порушується робоча швидкість, а і збільшуються витрати енергії на виконання технологічного процесу сільськогосподарським агрегатом. Так, за даними [4], ефективна потужність збільшується на 5,2% за рахунок вимушених коливань агрегату. Відповідно до збільшення потужності зростають і витрати палива. Але при цьому треба враховувати ще і збільшення шляху сільськогосподарського агрегату при його переміщенні по реальному профілю ділянки поля.

Мета досліджень. Вивчення чинників, що зумовлюють збільшення витрат енергії при виконання технологічного процесу сільськогосподарським агрегатом та означення напрямів підвищення їх ефективності.

Результати досліджень. Розрахуємо шлях S агрегату при переміщенні його по синусоїді у вигляді наступної формули:

$$Z = Z_0 \sin \frac{2\pi l}{L}, \quad (1)$$

де: Z – координата профілю поля за висотою; Z_0 – амплітудне значення висоти; l – довжина поля по прямій лінії; L – крок або період коливань профілю поля.

Розглянемо першу частину синусоїди $l = \frac{L}{2}$. Згідно відомих залежностей, довжина будь-якої кривої визначається за формулою:

$$S = \int_0^{L/2} \sqrt{1 + (Z')^2} dl, \quad (2)$$

де: Z' – похідна від Z , яка дорівнює:

$$Z' = 2\pi Z_0 / L \cos \frac{2\pi l}{L}. \quad (3)$$

З урахуванням (3), формула для визначення довжини S буде мати наступний вигляд:

$$S = \int_0^{L/2} \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 Z_0^2}{L^2} \cos^2 \frac{2\pi l}{L}} dl. \quad (4)$$

Отримано емпіричний інтеграл, який не можна відобразити у кінцевому вигляді, а тільки через використання додаткових таблиць. Це ускладнює аналіз

впливу параметрів Z_0 і L на значення шляху S . Але для попереднього аналізу можна скористатися наступною формулою:

$$\sqrt{1+X} \cong 1 + \frac{1}{2}X, \quad (5)$$

де: X – величина або функція.

З урахуванням (5) формула (4) перетворюється до наступного вигляду:

$$S = \int_0^{L/2} \left(1 + \frac{2\pi^2 Z_0^2}{L^2} \cos \frac{4\pi l}{L} \right) dl. \quad (6)$$

Інтеграл в формулі (6) розбивається на два:

$$\begin{cases} S_1 = \int_0^{L/2} dl \\ S_2 = \frac{2\pi^2 Z_0^2}{L^2} \int_0^{L/2} \cos \frac{2\pi l}{L} dl \end{cases}. \quad (7)$$

Перший інтеграл дорівнює – $S_1 = l$, а при означених межах інтегрування:

$$S_1 = L/2. \quad (8)$$

Другий інтеграл дорівнює:

$$S_2 = \frac{2\pi^2 Z_0^2}{L^2} \left(\frac{1}{2}l + \frac{1L}{4 \cdot 2\pi} \sin \frac{4\pi l}{L} \right) = \frac{\pi^2 Z_0^2}{2L}. \quad (9)$$

В цілому, з урахуванням (8), (9) S дорівнює:

$$S \cong \frac{L}{2} + \frac{\pi^2 Z_0^2}{2L}. \quad (10)$$

З (10) випливає, що шлях S сільськогосподарського агрегату залежить від L і Z_0 . Але для визначення збільшення шляху агрегату доцільно ввести коефіцієнт K_3 :

$$K_3 = \frac{S}{l}, \quad (11)$$

а для однієї півхвилі K_3 буде мати, з урахуванням (10), наступне значення:

$$K_3 = 1 + \frac{\pi^2 Z_0^2}{L^2}. \quad (12)$$

На рис. 2 представлена залежність K_3 від Z_0 і L , з аналізу якої випливає, що реальний шлях сільськогосподарського агрегату збільшується з ростом Z_0 і зменшується при збільшенні періоду L . При розрахунках коефіцієнта K_3 використані реальні дані по нерівності рельєфу поля. Для середніх значень Z_0 в межах 0,2 – 0,3 м і $L=10$ м збільшення шляху руху сільськогосподарського агрегату складає 5 – 10%, що є також джерелом економії палива при виконанні технологічних операцій.

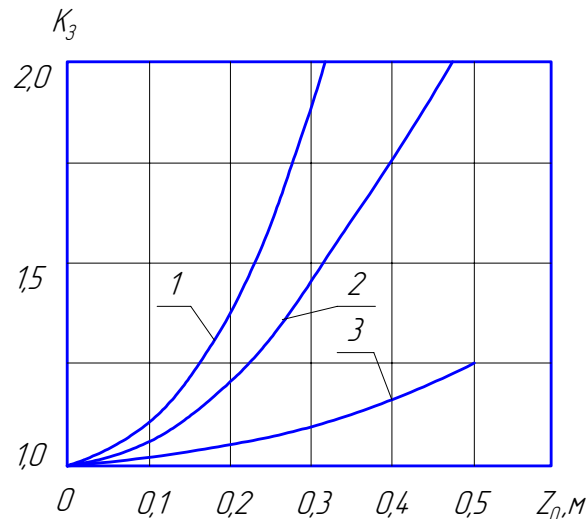


Рисунок 2 – Залежність K_3 від Z_0 для L : 1 – 1 м; 2 – 5 м; 3 – 10 м.

Рух сільськогосподарського агрегату здійснюється в просторі. Вище розглянуто рух в вертикальній площині і виявлені негативні причини додаткових витрат енергії і палива. Аналогічна картина спостерігається і в горизонтальній площині. Але в цьому випадку відхилення руху від прямолінійного виникає у зв'язку з труднощами керування агрегатом, завдяки не співпаданню лінії дії сили тяги та сил опору.

Ці особливості утворюють чинники додаткових витрат енергії і палива, які стосуються наступного:

- витрата енергії на підтримку прямолінійного руху, в тому числі і повертання до нього, при несподіваному відхиленні;
- подовження траєкторії руху агрегату при її відхиленні від прямолінійної;
- виникнення бокових зусиль для утримання рівноваги в горизонтальній площині, які утворюють додаткові зусилля тертя і збільшують загальний тяговий опір.

Енергетичний аналіз сільськогосподарських агрегатів при виконанні функцій призначення вказує на два основних джерела витрат енергії: подолання робочого опору та опору на перекочування. Співвідношення між ними залежить від виду робіт. На енергоємних (наприклад, збирання коренеплодів) ці дві складові приблизно однакові, а на операціях меншої енергоємності (посів, посадка) домінуючою є друга складова, що можна вважати резервом для пошуку способів зменшення енергії на виконання агрегатом технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені дослідження [5, 6,7] вказують на високу ефективність використання мостової схеми агрегування робочих органів сільськогосподарських машин. В [8]

встановлено, що така схема дозволяє зменшити тяговий опір плуга на 30...50%. Але впровадження на сучасному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування мостових агрегатів у чистому вигляді неможливо внаслідок великих затрат.

Альтернативним вирішенням проблеми може бути створення сільськогосподарських агрегатів з елементами мостового землеробства [9]. Особливістю такої конструкції є виконання рами з напрямними, по яких рухається каретка з робочими органами. Технологічний процес виконання роботи полягає в циклічному пересуванні машини по полю з зупинками, під час яких виконується робочий процес. При цьому виконання технологічної операції здійснюється за умови відносного руху робочих органів по відношенню до рами машини. По відношенню до існуючих сільськогосподарських агрегатів „тягової концепції” таке вирішення може розглядатися як новий спосіб агрегаткування.

Є доцільним розглянути ефективність роботи сільськогосподарського агрегату за звичайних умов виконання робіт та згідно запропонованого способу, коли корисна робота виконується при відносному русі робочого органу по відношенню до рами машин по напрямних. При виконанні технологічного процесу сільськогосподарським агрегатом рушійна сила P_p визначається за формулою:

$$P_p = P_0 + P_K = P_a + P_T + P_K, \quad (13)$$

де P_0 – сила опору, що утворюється робочим органом і складається з агротехнічної сили і сили тертя; P_K – сила, що пов’язана з подоланням опору кочення.

У зв’язку з тим, що загальна формула визначення ефективності зниження сил опору має громіздкий вигляд і затрудняє її аналіз, тому ефективність зниження сил опору P_K і P_0 розглянемо окремо.

Ефективність по зниженню сил опору кочення у загальному вигляді має наступний вид:

$$\xi_{PK} = \frac{P_{p\Pi} - P_{pH}}{P_{pH}}, \quad (14)$$

де $P_{p\Pi}$, P_{pH} – відповідно, рушійна сила для подолання опору при переміщенні робочого органу по полю і по напрямних мостового механізму.

З урахуванням (13) отримуємо вираз для визначення ξ_{PK} :

$$\xi_{PK} = \frac{K}{1+K} \cdot \frac{\mu_K - 1}{\mu_K}, \quad (15)$$

де позначено:

$$K = \frac{P_{КП}}{P_{ОП}}; \quad \mu_K = \frac{P_{КП}}{P_{КН}} = \frac{f_{КП}}{f_{КН}}, \quad (16)$$

де $f_{КП}$, $f_{КН}$ – відповідно, коефіцієнти тертя кочення по ґрунту і напрямним.

Ефективність по зниженню сил опору ξ_{PO} визначається за формулою, аналогічною (14), яка утворюється за рахунок суттєвої зміни взаємодії робочого органу з ґрунтом. Сутність цієї зміни полягає в тому, що нормальний тиск робочого органу на ґрунт N , який утворює сили тертя ковзання в агрегаті з елементами мостового землеробства перерозподіляється на ґрунт і напрямні у співвідношенні: $\mu_T = \frac{N_1}{N_2}$.

З урахуванням вищевказаного, формулу ефективності по зниженню сили опору P_0 можна записати в наступному вигляді:

$$\xi_{PO} = \frac{(f_{П} - f_{Н})(1 - \eta_{П})}{(\mu_T + 1)f_{П}}, \quad (17)$$

де $f_{П}$, $f_{Н}$ – відповідно, коефіцієнти ковзання по ґрунту і напрямних;

$\eta_{П}$ – механічний коефіцієнт корисної дії робочого органу при використанні його в звичайному сільськогосподарському агрегаті.

Аналізуючи залежності (15) і (17) слід зазначити, що вони не враховують ще один значний фактор, який пов'язаний з буксуванням рушіїв, яке найбільш доцільно враховувати механічним коефіцієнтом корисної дії.

З урахуванням цього отримана формула по визначенню ефективності запропонованого способу агрегування з точки зору буксування:

$$\xi_{\delta} = 1 - (1 - \delta_{П}) \left[\frac{1}{(1 - \delta_{Н})(1 + K)} + \frac{K}{1 + K - \delta_{П}K} \right], \quad (18)$$

де $\delta_{П}$, $\delta_{Н}$ – величини буксування по ґрунту і напрямним.

Для встановлення теоретичної ефективності запропонованого методу агрегування проведені розрахунки показників ефективності за формулами (15), (17) та (18). При виконанні розрахунків було прийнято значення параметрів, межі яких обґрунтовані на підставі існуючих та особистих досліджень: $K = 0,1 - 2$; $\mu_K = 1 - 10$; $f_{П} = 0,5 - 0,9$; $f_{Н} = 0,1$; $\mu_{П} = 0,5 - 0,8$; $\mu_T = 0 - 2,0$; $\delta_{П} = 0,2 - 0,6$; $\delta_{Н} = 0,10$.

Графічна інтерпретація проведених розрахунків залежності коефіцієнтів ефективності від означених параметрів наведено на рис.3 – 5.

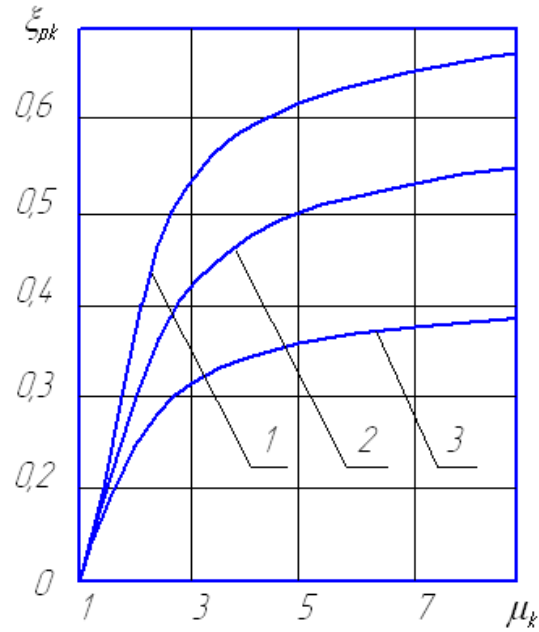


Рисунок 3 – Залежність ξ_{PK} від μ_k :
 1 – $k = 2$; 2 – $k = 1$; 3 – $k = 0,5$

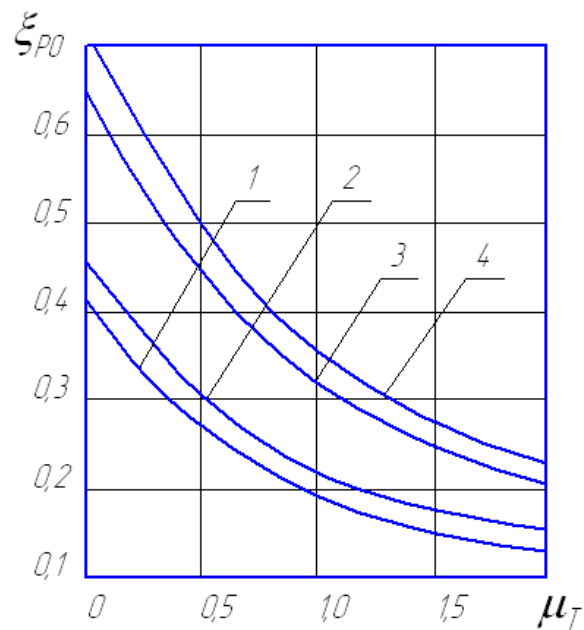


Рисунок 4 – Залежність ξ_{PO} від μ_T при $f_H = 0,1$:
 1 – $\eta_{II} = 0,5$; $f_H = 0,5$; 2 – $\eta_{II} = 0,5$; $f_H = 0,9$;
 3 – $\eta_{II} = 0,8$; $f_H = 0,5$; 4 – $\eta_{II} = 0,8$; $f_H = 0,9$.

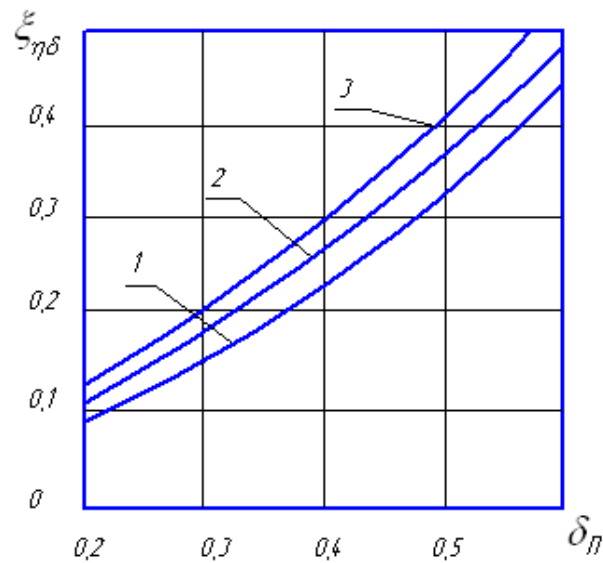


Рисунок 5 – Залежність $\xi_{\eta\delta}$ від δ_{II} при $\delta_H = 0,1$: 1 – $k = 2$;
2 – $k = 1$; 3 – $k = 0,5$

Висновки. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

– ефективність по зниженню сил опору коченню різко збільшується до $\mu_K = 3$, а потім повільно збільшується і тим більше, чим більше K ;

– коефіцієнт ефективності по зменшенню сил робочого опору залежить від технічного коефіцієнта корисної дії та коефіцієнта тертя робочого органу по ґрунту, а також від значення коефіцієнта μ_T , при збільшенні якого ефективність зменшується;

– коефіцієнт ефективності по збільшенню механічного коефіцієнта корисної дії агрегату за рахунок зниження буксування зростає із збільшенням буксування рушія, який переміщується по ґрунту та при зменшенні коефіцієнта K .

Список літератури

1. Бледных В.В. Влияние неравномерности рельефа поля на устойчивость хода полунавесного плуга. – В кн.: Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов. Труды ЧИМЭСХ Южно-Уральское книжное изд-во, 1970. Вып. 33. – С. 138 – 147.

2. Лурье А.Б. Динамика регулирования навесных сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Машиностроение, 1969. – 288 с.

3. Погорельый Л.В. Повышение эксплуатационно-технологической эффективности сельскохозяйственной техники. – К.: Техника, 1990. – 176 с.

4. Цвык Б.Д. Влияние колебаний МТА на его энергетические показатели / Б.Д. Цвык, В.Е.Степанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. - № 9. – С. 34 – 35.

5. Улексин В.А. Мостовое земледелие. Монография. – Днепропетровск: Пороги, 2008. – 224 с.

6. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. / В.Т.Надикто, В.О. Улексін // Монографія. ТОВ „Видавничий будинок ММД”: – Мелітополь, 2008. – 270 с.

7. Козаченко О.В. Дослідження ґрунтообробних робочих органів за мостовою схемою агрегування. Зб. н. праць Луганського національного аграрного університету /Серія: Технічні науки. № 68/91, ЛНАУ, 2006. – С. 120-125.

8. Козаченко О.В. Експериментальні дослідження ефективності плуга за різними схемами агрегування. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка, № 41, – Харків, 2005. – С. 386-394.

9. Патент України № 2860. Гичко-коренезбиральний модуль для машин мостового землеробства. / Козаченко О.В. Опубл. 16.08.2004. Бюл. № 8.

Аннотация

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА И НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Козаченко А.В., Блезнюк О.В.

Рассмотрены факторы влияния на энергетические показатели сельскохозяйственного агрегата при выполнении технологического процесса, отмечены направления повышения его эффективности

Abstract

ANALYSIS OF THE MODES OF MOTION OF THE AGRICULTURAL UNIT AND A DIRECTION TO REDUCE POWER CONSUMPTION IN THE PERFORMANCE OF THE PROCESS

A. Kozachenko, O. Bleznyuk

The factors of influence on the power indexes of agricultural aggregate are considered at implementation of technological process, directions of increase his efficiency are marked