

Література

1. Хайлис Г.А. Теория льноуборочных машин / Хайлис Г.А. – М.: Росинформагротех, 2011. – 322 с.
2. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов / Хайлис Г.А. – К.: УААН, 2002. – 374 с.
3. Хайліс Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: навчальний посібник / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
4. Vanot J. La passion le lin. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, 2003. – 72 p.
5. Толстушко Н. Исследование формирования рулона в усовершенствованной прессовальной камере пресс-подборщика / Н. Толстушко // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 286 – 291.
6. Толстушко Н.А. Определение длины петли из бесконечных ремней в прессовальной камере рулонного пресс-подборщика / Н.А. Толстушко // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 11. – С. 58 – 61.
7. Пат. 60254 U Україна, МПК А 01 D 45/00. Рулонний прес-підбирач / Толстушко Н.О., Хайліс Г.А., Юхимчук С.Ф. (Україна). – №u201015244; заявл. 17.12.10; опубл. 10.06.11, Бюл. №11.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс

УДК 631. 3.072

© М. В. Усенко, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

В. Владут, PhD. Eng.

Національний інститут проектування машин та обладнання для сільського господарства і харчової промисловості (INMA, Румунія)

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ, ЩО ДІЮТЬ НА СТАБІЛІЗУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ З ПЕРЕДПЛУЖНИКОМ ДО МОТОБЛОКУ

В статті подано основні переваги стабілізуючого пристрою з передплужником до мотоблоку. Визначено сили, що діють на занурений в ґрунт передплужник стабілізуючого пристрою.

ПЕРЕДПЛУЖНИК, СТАБІЛІЗУЧИЙ ПРИСТРІЙ, ГРУНТ, СХИЛ, СИЛА, ПОВЕРХНЯ.

Постановка проблеми. При виконанні сільськогосподарським агрегатом будь-якої операції на схилах різної крутості виникають проблеми з стабілізацією заданого напрямку руху даного агрегату. Порушення курсової стійкості агрегату спостерігається уже на схилах крутістю 3-5°. Якщо при виконанні операцій (оранка, боронування, суцільна культивування і т.д.), які не пов'язані безпосередньо з певною сільськогосподарською культурою, відхилення від заданого напрямку руху не призводить до суттєвих негативних наслідків, то для таких операцій як посів, садіння, збирання і особливо для операцій по догляду за рослинами сповзання агрегату в нижній бік схилу може призвести до значного пошкодження рослин і навіть до наслідків, пов'язаних із значною втратою врожаю. Для максимального усунення даного негативного явища найбільш переважною є малогабаритна техніка з застосуванням вдосконалених пристроїв для стабілізації напрямку руху малогабаритного агрегату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створено чимало механізмів і пристроїв для стабілізації заданого напрямку руху сільськогосподарських агрегатів на схилах [1, 3, 4]. У багатьох конструкціях виконавчим робочим органом є диск, який виконує канавку під верхнє по схилу колесо, що майже повністю усуває сповзання агрегату при русі в поперечному напрямку схилу. Також конструкціям такого типу присвячені і наукові праці [2, 6, 7], які підкреслюють їх переваги для малогабаритних машин і особливо для мотоблоків. Але диски не виконують рівну стінку канавки під колесо, спостерігається зсипання різних решток та ґрунту на дно канавки. Таким чином, вдосконалення такого стабілізуючого пристрою призведе підвищення якості роботи малогабаритного агрегату на схилах.

Мета дослідження. Визначення сил, що діють на робочий орган вдосконаленого стабілізуючого пристрою до мотоблоку.

Результати дослідження. Розроблена нова конструкція стабілізуючого пристрою з робочим органом у вигляді передплужника до мотоблоку [8], який зображений на рис. 1.

Стабілізуючий пристрій до мотоблока містить передплужник, штангу, телескопічний поводиток, фіксатор, шарнір, кронштейн.

Стабілізуючий пристрій до мотоблока працює так. Перед початком роботи в залежності від умов роботи встановлюють оптимальну довжину повідка. При русі мотоблока по рівній поверхні передплужник знаходиться в піднятому положенні. При в'їзді мотоблока на поперечний відносно напрямку руху схил поводиток з штангою опускають таким чином, що передплужник занурюється в ґрунт. При

русі мотоблока передплужник, що занурений в ґрунт, створює поворотний момент, що направлений проти моменту, що



Рис. 1 – Стабілізуючий пристрій з робочим органом у вигляді передплужника

створюється боковою складовою маси мотоблока та направлений вниз по схилу, що вресіт-ресіт сприяє підвищенню стійкості та прямолінійному напрямку руху мотоблока. Найбільш важливою функцією передплужників є нарізка канавки, по якій пересувається верхнє по схилу колесо мотоблока. Передплужник може створити канавку такої глибини, що мотоблок займе горизонтальне положення на поперечному схилі, при якому вплив бокової складової маси на опорні колеса мотоблока повністю усувається. Проте, необхідність в такому розташуванні агрегату виникає лише в особливих ситуаціях, тобто при наявності крутих схилів (більше 15°) і легких за механічним складом ґрунтів. У більшості випадків необхідно лише зменшити кут розташування агрегату по відношенню до кута схилу, що дозволить зберегти курсову стійкість агрегату та забезпечити мінімальне пошкодження ґрунту і мінімальний тяговий опір агрегату. При русі мотоблока в зворотному напрямку передплужник переводиться в інше положення, при якому він знов розташовується перед верхнім по схилу.

Стабілізуючий пристрій до мотоблока містить передплужник, штангу, телескопічний поводок, фіксатор, шарнір, кронштейн.

Стабілізуючий пристрій до мотоблока працює так. Перед початком роботи в залежності від умов роботи встановлюють оптимальну довжину повідка. При русі мотоблока по рівній поверхні передплужник знаходиться в піднятому положенні. При в'їзді мотоблока на поперечний відносно напрямку руху схил поводок з штангою опускають таким чином, що передплужник занурюється в ґрунт. При

русі мотоблока передпłużник, що занурений в ґрунт, створює поворотний момент, що направлений проти моменту, що створюється боковою складовою маси мотоблока та направлений вниз по схилу, що в решті решт сприяє підвищенню стійкості та прямолінійному напрямку руху мотоблока. Найбільш важливою функцією передпłużників є нарізка канавки, по якій пересувається верхнє по схилу колесо мотоблока. Передпłużник може створити канавку такої глибини, що мотоблок займе горизонтальне положення на поперечному схилі, при якому вплив бокової складової маси на опорні колеса мотоблока повністю усувається. Проте необхідність в такому розташуванні агрегату виникає лише в особливих ситуаціях, тобто при наявності крутих схилів (більше 15°) і легких за механічним складом ґрунтів. В більшості випадків необхідно лише зменшити кут розташування агрегату відносно до кута схилу, що дозволить зберегти курсову стійкість агрегату та забезпечити мінімальне пошкодження ґрунту і мінімальний тяговий опір агрегату. При русі мотоблока в зворотному напрямку передпłużник переводиться в інше положення, при якому він знов розташовується перед верхнім по схилу колесом мотоблока.

Розглянемо сили і точки їх прикладання на передпłużнику, який є основним робочим органом стабілізуючого пристрою. При переміщенні деформатора (передпłużника) AB (початкове положення деформатора A_1B_1) під кутом атаки β ґрунтові частинки з точки A_1 на лінії AA_1 будуть переміщатись на величину BA_1 (рис. 2), яка визначається за формулою:

$$BA_1 = \frac{BC}{\cos(\beta + \varphi)},$$

де β – кут атаки передпłużника, φ – кут тертя ґрунту об передпłużник.

Але $BC = AB \cdot \sin \beta$, тоді (позначаємо переміщення ґрунту при втискуванні через H):

$$H = BA_1 = \frac{AB \cdot \sin \beta}{\cos(\beta + \varphi)}. \quad (1)$$

Для подальших розрахунків приймаємо, що зануреною в ґрунт частиною передпłużника є прямокутник (нехтуємо невеликою частиною простору у вигляді трикутника над п'яткою лемеша передпłużника).

Для визначення залежності питомого тиску ґрунту від величини тиску ґрунтових часток H застосовуємо формулу В.В. Кацігіна [5]:

$$q = P_0 th \left(\frac{k}{P_0} H \right), \quad (2)$$

де P_0 – границя несучої здатності ґрунту, Н/см^2 , k – коефіцієнт об’ємного зминання ґрунту, Н/см^3 .

Нормальну складову реакції ґрунту N можемо визначити як добуток площі прямокутника $S_{\text{пр}}$ (занурена в ґрунт частина передплужника) на середній питомий опір ґрунту $q_{\text{ср}} = q_{\text{max}}/2$ (q_{max} – максимальний питомий опір ґрунту). Отже:

$$q_{\text{н\ddot{a}\delta}} = \frac{P_0}{2} th\left(\frac{k}{P_0} H\right). \quad (3)$$

Нормальний тиск (нормальна складова реакції ґрунту):

$$N = S_{\text{i\ddot{o}}} \frac{P_0}{2} th\left(\frac{k}{P_0} H\right). \quad (4)$$

Визначимо площу зануреної в ґрунт частини передплужника (раніше прийняли, що це є прямокутник). Роблячи певні припущення та спираючись на попередні дослідження вчених та власні дослідження [6, 7] можемо прийняти, що дана площа буде обмежена кривими, що визначають форму ліній на поверхні AB ґрунту та у леза OK лемеша передплужника (рис. 3). Дані криві описуються функціями: $y_2 = A_2 \sin\omega_2 x + \varphi_0 + c$, $y_1 = A_1 \cos\omega_1 x + \varphi_0$. Тут розглядаємо стан ґрунту в більш широкому аспекті, а саме коли на поверхні ґрунту він описується конкретно для передплужника функцією $y_2 = A_2 \sin\omega_2 x + a$ (лінія AB), а у леза лемеша – функцією $y_1 = A_1 \cos\omega_1 x$ (лінія OK). Такі криві лінії утворюються через наявність кривої поверхні безпосередньо біля передплужника через те, що при попередньому обробітку ґрунту на більшу глибину ніж глибина ходу передплужника, в ґрунті утворюються порожнини і грудки і, відповідно, контакт з таким ґрунтом не відбувається по прямій лінії.

Направимо осі координат як показано на рис. 3, на якому поданий вид B з рис. 2. Вісь y проходить крізь точку A стику передньої кромки передплужника з поверхнею ґрунту, а вісь x – по дну канавки (борозенки), що утворена даним передплужником. Тут l це ширина захвату передплужника ($l = AB$). Отже, зануреною в ґрунт частиною передплужника є площа $OABK$ ($S_{\text{пр}} = S_{OABK}$). Визначимо її величину.

Якщо S – область, що знаходиться між кривими y_1 та y_2 , то маємо:

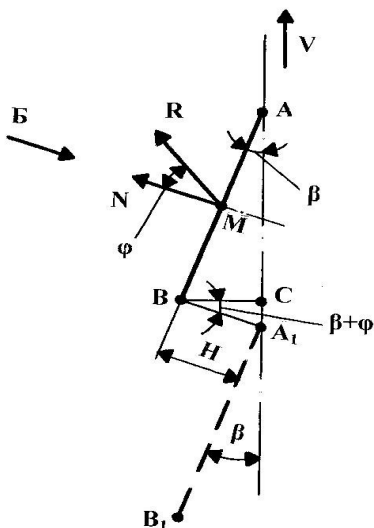


Рис. 2 – Схема до визначення сил, що діють на передпłużник стабілізуючого пристрою

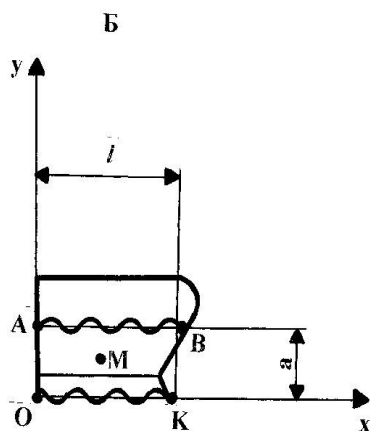


Рис. 3 – Схема до визначення площі, зануреної в ґрунт частини передпłużника

$$\iint_S f(x, y) dx dy = \int_a^b \int_{y_1(x)}^{y_2(x)} f(x, y) dx dy \quad (5)$$

$$\begin{aligned} S_{OABK} &= \iint_S f(x, y) dx dy = \int_0^l \int_{A_1 \cos \omega x}^{A_2 \sin \omega_2 x + a} dx dy = \int_0^l (A_2 \sin \omega_2 x + a - A_1 \cos \omega x) dx \\ &= A_2 \int_0^l \sin \omega_2 x dx + a \int_0^l dx - A_1 \int_0^l \cos \omega x dx \quad (6) \end{aligned}$$

Обраховуючи інтеграл, одержуємо:

$$S_{OABK} = A_2 (1 - \cos \omega_2 l) / \omega_2 + al - (A_1 \sin \omega_1 l) / \omega_1 \quad (7)$$

Таким чином, підставляючи формули (1) і (7) в формулу (4), отримаємо величину нормальної складової реакції ґрунту:

$$N = \left[\frac{A_2 (1 - \cos \omega_2 l)}{\omega_2} + al - \frac{A_1 \sin \omega_1 l}{\omega_1} \right] \cdot \frac{P_0}{2} \operatorname{th} \left(\frac{k \cdot l \cdot \sin \beta}{P_0 \cdot \cos(\beta + \varphi)} \right) \quad (8)$$

З рис. 2 видно, що $R = N / \cos \varphi$. Отже, з врахуванням формули (8) отримаємо величину реакції ґрунту, що діє на занурений в ґрунт передплужник стабілізуючого пристрою:

$$R = \left[\frac{A_2 (1 - \cos \omega_2 l)}{\omega_2} + al - \frac{A_1 \sin \omega_1 l}{\omega_1} \right] \cdot \frac{P_0}{2 \cos \varphi} \operatorname{th} \left(\frac{k \cdot l \cdot \sin \beta}{P_0 \cdot \cos(\beta + \varphi)} \right) \quad (9)$$

Точку M прикладання реакції ґрунту на передплужник можемо прийняти в центрі площі, зануреної в ґрунт частини даного передплужника, тобто посередині між лініями AB та OK (по вертикалі) і лініями OA та BK (по горизонталі).

Визначимо величину реакції ґрунту R . Для практичних розрахунків приймаємо: коефіцієнт об'ємного змінання ґрунту $k \approx 5 \text{ Н/см}^3$; границя несучої здатності ґрунту $P_0 \approx 0,4 \text{ МПа}$; амплітуди $A_1 = 0,02 \text{ м}$, $A_2 = 0,05 \text{ м}$; кругові частоти $\omega_1 = 125,6 \text{ м}^{-1}$, $\omega_2 = 94,2 \text{ м}^{-1}$; середня ширина $l = 0,15 \text{ м}$; максимальна глибина занурення передплужника в ґрунт $a = 0,1 \text{ м}$; кут тертя ґрунту об передплужник $\varphi \approx 22^\circ$; кут атаки передплужника $\beta \approx 15^\circ$. Підставляючи дані в формулу (9) одержуємо $R \approx 1,76 \text{ кН}$. При швидкості руху агрегату (мотоблок з стабілізуючим пристроєм з передплужником) $v \approx 0,33 \text{ м/с}$, величина потужності при русі агрегату становить $N_n = R \cdot v \approx 0,58 \text{ кВт}$.

Даний пристрій призначений для використання на малогабаритній техніці (мотоблоках) з середньою потужністю двигуна 5-6 кВт. З проведених розрахунків видно, що така потужність задовольняє умовам роботи.

Слід зазначити, що дані розрахунки проведені для максимальної величини занурення передплужника в ґрунт (до 10 см) для більшості мотоблоків з даним стабілізуючим пристроєм. Глибина занурення в ґрунт передплужника залежить від конкретних специфічних умов, в яких доводиться працювати даному агрегату.

Висновки. Наведений аналіз роботи стабілізуючого пристрою з передплужником до мотоблоку показує, що даний пристрій забезпечує необхідні показники роботи при мінімальних затратах енергії.

Література

1. Сельскохозяйственное орудие для работы на склонах, А.с. № 1329642, МКИ А 01 В 59/06 / К.В. Александрия и др. -№3981307/30-15; заявл. 20.09.85; опубл. 15.08.87, бюл. № 30.

2. Амельченко П.А. Исследование в области некоторых параметров крутосклонных и низкоклиренсных тракторов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск, 1974. -19 с.

3. Устройство для предотвращения сползания сельскохозяйственных орудий при работе на склонах, А.с. № 1029850, МКИ А 01 В 69/06 / В.К. Бакулин и др. – № 3424951/30-15; заявл. 16.04.82; опубл. 23.07.83, бюл. № 27.

4. Патент № 80113, Франция, МКИ А 01 В. Приспособление к трактору для работы на склонах / Ж. Буш. Заявл. 13.07.61; опубл. 04.02.63, реферативный журнал № 10, 1964.

5. Кацыгин В.В. О закономерности сопротивления почв сжатию // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1962. – №4. – С. 28-31.

6. Мшвилдадзе О.П. Основы создания технических средств, стабилизирующих направление движения крутосклонного агрегата: Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. – Тбилиси, 1986. – 52 с.

7. Усенко М.В. Дослідження взаємодії з ґрунтом диска стабілізуючого пристрою при роботі на схилах // Міжвідомчий тематичний наук. зб. “Механізація та електрифікація сільського господарства”. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”. – Вип. 92. – 2008. – с. 133-139.

8. Патент № 32744 Україна, МКВ А01В 15/20. Стабілізуючий пристрій до мотоблоку / М.В. Усенко та ін. – № 98031252. Заявл. 11.03.1998. Опубл. 15.02.2001. Бюл. № 1.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс