

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТІЙКОГО РУХУ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ»

**Пастухов В.І. д.т.н., проф., Скофенко С.М. к.т.н., доц.,
Фесенко Г.В. к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Запропоновано підходи до створення математичної моделі, яка б враховувала вплив зміни стану ґрунту на стійкість руху робочого органу сільськогосподарської машини або знаряддя в поздовжньо-вертикальній площині.

Проблема. Одним з важливих критеріїв оцінки якості роботи машинно-тракторного агрегату (МТА) є відхилення робочого органу від заданої. З метою покращення цих показників удосконалюються як, плуги, культиватори, сівалки так і енергетичні засоби. При цьому недостатньо приділяється уваги дослідженням МТА як механічної системи, а динамічна взаємодія трактора та начіпного знаряддя суттєво впливає на ефективність роботи агрегату і позначається на якісних показниках виконання технологічної операції. Головний чинник незадовільної роботи сучасних начіпних машин полягає не в їх конструктивних недоліках, а викликаний недосконалістю начіпного пристрою. Схема з'єднання трактора та начіпної машини майже не змінюється і визначається конструкцією трактора. Тому теоретичні і експериментальні дослідження націлені на підвищення стійкості руху робочих органів машинно-тракторних агрегатів, з метою підвищення реалізації біологічного потенціалу сільськогосподарських культур і, таким чином, підвищення ефективності експлуатації МТА, є актуальною науковою проблемою. Стан стійкого руху механічної системи та причини, що його порушують розглянемо на прикладі роботи орного агрегату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При узагальненні результатів відомих досліджень встановлено, що застосування в орному агрегаті серійного начіпного пристрою у вигляді замкненого шарнірного чотириланковика призводить до невиконання агротехнічних умов щодо якості обробітку ґрунту, зокрема стосовно дотримання заданої глибини обробітку та її рівномірності. Головною причиною цього є те, що начіпний пристрій не дозволяє робочим органам начіпного знаряддя копіювати нерівності поверхні поля оскільки поздовжні кутові переміщення остова трактора передаються плугу, культиватору та ін., порушуючи стан стійкого руху.

Наприклад, при оранці для підвищення стійкості плуга розроблено та виготовлено начіпний пристрій, з використанням якого скомплектовано новий орний МТА за модернізованою схемою, застосування якої мінімізує негативний вплив поздовжніх кутових переміщень остова трактора, що рухається по

поверхні з макронерівностями, на якість обробітку. Завдяки цьому передачу збурюючого впливу від трактора на раму плуга зменшено у 2,4 рази [2].

Мета досліджень. Розробити математичну модель ґрунтообробного агрегату на базі колісного трактора з начіпним плугом, яка б враховувала окрім рельєфу поля, зміну стану оброблюваної поверхні і на її основі оцінити вплив схеми начіпного механізму, та інших параметрів досліджуваного агрегату на динаміку руху плуга у поздовжньо-вертикальній площині.

Основна частина. Порівняльні дослідження двох варіантів начіпних систем, що встановлювались на орному агрегаті, який складався з трактора ХТЗ - 150К та плуга ПЛН-5-35, проводились у виробничих умовах в фермерському господарстві «Бурлучок» Печеніжського району Харківської області при оранці зябу. Дослідження проводились на ділянці площею 64 га, яка являла собою поле після збирання ярового ячменю. За базовий обрано агрегат у складі трактора ХТЗ-150К, оснащеного серійним начіпним пристроєм, та начіпного плуга ПЛН-5-35 зі штатним розташуванням опорного колеса. Як порівнюваний обрано варіант агрегату у складі трактора ХТЗ - 150К з розробленим начіпним пристроєм та начіпного плуга ПЛН-5-35 з розташуванням опорного колеса біля п'ятого корпусу.



Рис. 1 – «Викидання» плуга з борозни при оранці на ділянці поля де твердість ґрунту досягала 12,0 мПА.

Дослідженням закономірностей руху базового орного агрегату по нерівній поверхні встановлено, що поздовжні кутові переміщення остова трактора викликають відхилення глибини обробітку на 10-14 см від нормативної 28-30 см. Середнє квадратичне відхилення глибини оранки модернізованим агрегатом в порівнянні з базовим зменшилось з 3,2 – 4,3 см до 0,5 – 0,9 см.

На деяких ділянках поля, де твердість ґрунту була вище допустимої в 3–4 рази відбувалось «викидання» плуга з борозни (рис.1). Це спостерігалось при роботі агрегату як з серійною так і з розробленою начіпками. Як глибина обробітку так і її рівномірність не відповідали агроумовам. Тобто на полях з такою твердістю ґрунту (10,5 – 11,5) оранка неможлива.

Природу явища «викидання» плуга з борозни, а також вигублення задніх

корпусів орного агрегату на поверхні з наднормативною твердістю можна пояснити з точки зору моментної взаємодії між елементами ґрунтообробної системи «трактор – начіпка – плуг»: стійка рівновага плуга під час виконання оранки забезпечується за умови $M_{виг} \ll M_{заг}$, де $M_{виг}$ – момент виглиблення плуга від горизонтальної складової реакції ґрунту \bar{R}_x ; $M_{заг}$ – момент заглиблення плуга від вертикальної складової реакції ґрунту \bar{R}_z .

$$M_{виг} = R_x h_{R_x}, M_{заг} = R_z h_{R_z}, \quad (1)$$

де: h_{R_x}, h_{R_z} - плечі сил, природа яких зрозуміла з рис. 2.

Якщо припустити, що питомий опір ґрунту на всіх корпусах плуга однаковий та відповідає агровиимогам, то, відповідно, і реакції ґрунту на корпусах будуть рівними. Умовно припустивши, що горизонтальна складова реакції R_{x_i} на кожному корпусі дорівнює одиниці, тобто:

$$R_{x_1} \cong R_{x_2} \cong R_{x_3} \cong R_{x_4} \cong R_{x_5} = 1,$$

та враховуючи, що точки прикладання реакцій на кожному корпусі лежать на одній горизонталі, котра проходить на половині глибини обробітку, визначимо сумарний питомий момент виглиблення плуга:

$$M_{виг} = \Sigma(R_{x_i} h_{R_{x_i}}) = (R_{x_1} + R_{x_2} + R_{x_3} + R_{x_4} + R_{x_5}) h_{R_x}. \quad (2)$$

Плеche від зазначених сил h_{R_x} відносно точки обертання плуга (нижній вал начіпки трактора) визначається конструкцією трактора та глибиною обробітку. Для досліджуваного варіанту МТА на базі трактора Т-150К та плуга ПЛН-5-35 відстань від точки з'єднання начіпної машини з трактором до поверхні поля $h_{нач} = 0,4\text{м}$ та при глибині обробітку $a = 0,3\text{м}$ плече буде складати (рис. 2):

$$h_{R_x} = h_{нач} + 0,5a = 0,55\text{м}.$$

Тоді чисельно питомий виглиблюючий момент буде $M_{виг} = 2,75$ (1/м).

Сумарний питомий момент заглиблення плуга від вертикальних складових реакцій ґрунту на кожному корпусі при цьому складатиме:

$$M_{заг} = R_{z_1} h_{R_{z_1}} + R_{z_2} h_{R_{z_2}} + R_{z_3} h_{R_{z_3}} + R_{z_4} h_{R_{z_4}} + R_{z_5} h_{R_{z_5}}. \quad (3)$$

Враховуючи, що за нормальних умов оранки (нормативна твердість ґрунту)

$$R_{z_i} = R_{z_1} = R_{z_2} = R_{z_3} = R_{z_4} = R_{z_5} \cong 0,2R_{x_i}, \quad (4)$$

отримуємо:

$$M_{заг} = R_{z_i} (h_{R_{z_1}} + h_{R_{z_2}} + h_{R_{z_3}} + h_{R_{z_4}} + h_{R_{z_5}}), \quad (5)$$

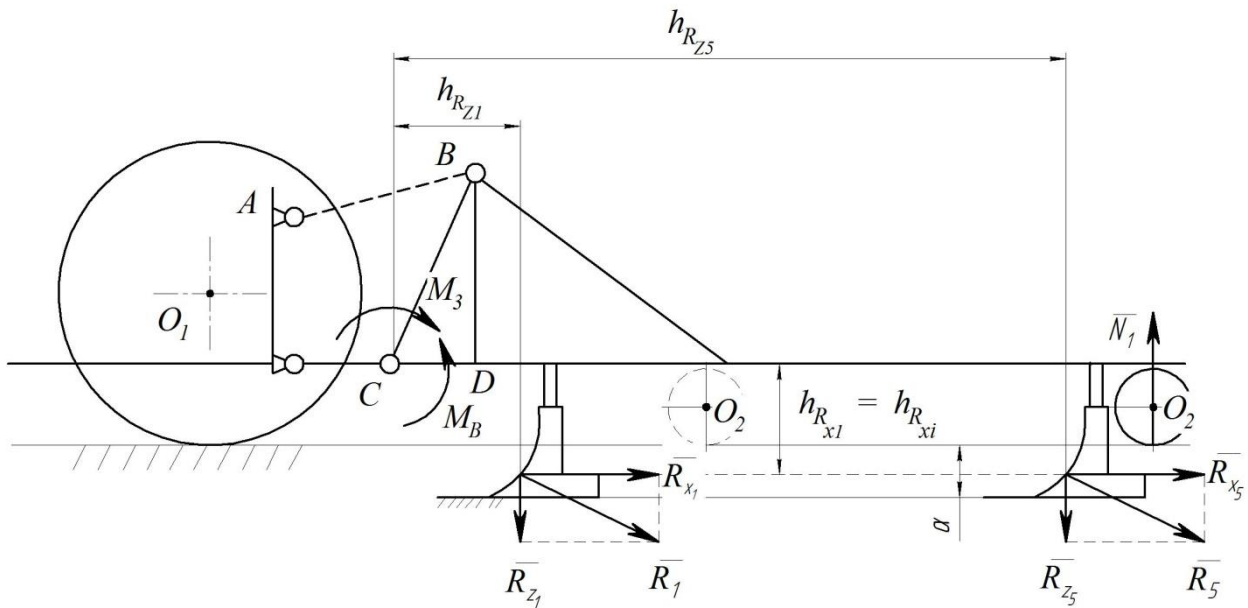


Рис. 2 – Розрахункова схема для визначення співвідношення заглиблюючого та виглиблюючого моментів начіпного плуга:

O_1 – вісь заднього колеса трактора; AB – верхня тяга серійного начіпного пристрою (при застосуванні розробленого начіпного пристрою від'єднується); BC – верхня поздовжня тяга розробленого начіпного пристрою

Для зазначеного МТА плечі h_{Rzi} визначаються конструкцією трактора та плуга і складають: $h_{Rz1} = 1,6\text{м}$, $h_{Rz2} = 2,3\text{м}$, $h_{Rz3} = 3,0\text{м}$, $h_{Rz4} = 3,7\text{м}$, $h_{Rz5} = 4,4\text{м}$.

Для досліджуваного ґрунтообробного МТА за нормальних агроумов стану ґрунту питомий заглиблюючий момент плуга становить: $M_{заг} = 3,0$ (1/м).

Співставляючи моменти заглиблення та виглиблення плуга ($M_{заг} > M_{виг}$), бачимо, що плуг за таких умов буде намагатись весь час заглиблюватись, але такий рух обмежується відрегульованим на задану глибину обробітку польовим колесом, а «надлишок» заглиблюючої моментної дії призводить до виникнення в точці контакту колеса з поверхнею поля реакції, котра зрівноважує динамічну систему і плуг рухається в стані стійкої рівноваги.

При збільшенні твердості ґрунту кут відхилення реакції R_{xz} від горизонту значно зменшується. «...затуплення леза лемеша, велика твердість ґрунту, наявність в ньому каменів та коріння, тобто наявність факторів, що обумовлюють підвищення опору на лезі клину, суттєво зменшують кут ψ .»[1]. В наслідку цього величина горизонтальної складової R_x буде майже рівною повній реакції R_{xz} , при цьому значення вертикальної складової R_z буде наближатись до нуля. При потраплянні першого корпусу плуга в зону з наднормативною твердістю ґрунту складова реакції R_z зменшиться майже до нуля, а, відповідно, зміниться і співвідношення моментів $M_{заг}$ та $M_{виг}$. Якщо навіть не враховувати зростання горизонтальної складової реакції внаслідок збільшення твердості ґрунту, співвідношення питомих моментів зміниться: $M_{виг} = 2,75$; $M_{заг} = 2,68$.

Оскільки $M_{виг} > M_{заг}$, то на плуг діє результуючий момент, котрий намагається його виглибити – маємо явище «викидання» плуга з борозни.

Питання стійкості ходу плуга розглядав в своїй роботі В. П. Гарячкін. Для забезпечення стійкості ходу плуга при обробітці ґрунтів з підвищеною твердістю він рекомендує збільшити вагу плуга не менше третини від сили, необхідної для його переміщення. В нашому випадку момент від додаткової сили тяжіння буде збільшувати заглиблюючий момент, плуг при цьому зберігатиме стан стійкої рівноваги.

Висновок. Дослідження нестійкого руху орного агрегату з доповненнями до запропонованої в роботі [2] моделі, що характеризують стан оброблюваного середовища дозволять розробити універсальну математичну модель стійкості функціонування механічних систем.

Література:

1. Синеоков Г.М., Панов И.М., Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.; Машиностроение, 1977. – 328 с.
2. Пастухов В.І., Ольшанський В.П., Скофенко С.М. Математична модель поздовжніх кутових коливань в динамічній системі «трактор-начіпка-плуг» // Моделювання технологічних процесів в АПК: Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2010. – Вип. 10, Т. 7. – С. 147-156.

Аннотация

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕУСТОЙЧИВОГО ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МАШИНО – ТРАКТОРНЫЙ АГРЕГАТ»

Пастухов В.И., Скофенко С. Н., Фесенко Г.В.

Предложен подход к построению математической модели, учитывающей влияние изменения состояния почвы на устойчивость движения рабочего органа почвообрабатывающего агрегата в продольно-вертикальной плоскости.

Abstract

TO QUESTION STUDIES ON UNSTABLE MOTION OF MECHANICAL SYSTEMS "MACHINE - TRACTOR UNIT"

Pastukhov V.I., Skofenko S. N., Fesenko G.V.

An approach to constructing a mathematical model that takes into account the effects of changing soil conditions on the stability of the working body of the unit in the tilling of the longitudinal-vertical plane.