

Аннотация

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ТРАКТОР-НАЦЕПКА -ПЛУГ» НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПАХОТЫ ПРИ НЕУСТОЙЧИВОМ ДВИЖЕНИИ

Пастухов В.И., Кучеренко С.И., Скофенко С.Н., Бурлака В.В.

Методами структурного анализа проведено исследование механической системы «трактор-навеска-плуг» при неустойчивом движении с целью выявления факторов приводящих к снижению качества вспашки с последующей минимизацией их негативного влияния.

Abstract

INFLUENCE OF STRUCTURE OF MECHANICAL SYSTEM IS ON INDEXES OF QUALITY OF PLOUGHING AT UNSTEADY TO MOVE

Pastukhov V.I., Kucherenko S.I., Skofenko S.N., Burlaka V.V.

Methods of structural analysis study of the mechanical system "tractor-plow-hitch" in the unstable motion in order to identify factors leading to reduction in the quality of plowing with a minimal negative impact.

УДК 631.372

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТІЙКОГО РУХУ ОРНОГО АГРЕГАТУ НА ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЯХ

Пастухов В.І. д.т.н., проф., Скофенко С.М. ст. викл., Фесенко Г.В. к.т.н., доц., Бурлака В.В. к.т.н., доц., Малець О.М., асист.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено дослідження нестійкого руху плуга для деяких варіантів механічної системи «трактор – начіпка – плуг» з використанням фізичного моделювання.

Проблема. При експлуатації плуга виникає проблема стійкості його руху в поздовжньо-вертикальній площині. Стійкість або стійка рівновага плуга – це здатність самовідновлювати стан усталеного руху в процесі виконання технологічної операції після раптового порушення останнього деяким силовим фактором. Така властивість плуга пов'язана зі сталістю глибини оранки та її рівномірністю. Статична стійкість є найважливішою характеристикою плуга, оскільки визначає усталений рівномірний режим його роботи і забезпечує дотримання агротехнічних правил щодо операції, для виконання якої і створено плуг.

Аналіз досліджень. При роботі ґрунтообробних машин як у виробничих умовах, так і під час польових досліджень, глибину ходу їх робочих органів у ґрунті та оцінку сталості заданої глибини обробітку визначають досить приблизно. Складність таких замірів пов'язана з наявністю мікро- та макронерівностей поверхні поля, різним ступенем щільності ґрунту, наявністю поживних решток та бур'янів. Разом з тим контрольні заміри повинні бути досить точними, оскільки агротехнічні умови до оранки диктують максимально допустимі відхилення глибини обробітку в межах ± 2 см. Неточності при таких замірах можуть впливати на якість досліджень і, як наслідок, призводити до хибного висновку щодо ефективності схеми орного МТА.

Синеоков Г.М. зазначав: «в процесі дослідження та проектування нових машин порівняльні оцінки різних способів розміщення опорних коліс та з'єднання з трактором для забезпечення сталості глибини обробітку ґрунту виконується графічно...» [1]. При використанні такого методу складно відстежити взаємодію між елементами механічної системи «трактор – начіпка – плуг».

Мета досліджень. Для виключення неточностей вимірювань досліджуваних показників якості обробітку ґрунту, які виникають в польових умовах, було розроблено комплекс фізичних моделей орного МТА з різними варіантами структурної схеми начіпного пристрою.

Основний зміст досліджень. Моделювання виконано в масштабі 1:10. Об'єктом моделювання є орний агрегат на базі трактора ХТЗ - 17021 з начіпним плугом ПЛН-5-35, де в якості серійного начіпного пристрою використовується важільна система у вигляді замкненого шарнірного чотириланковика (рис.1).

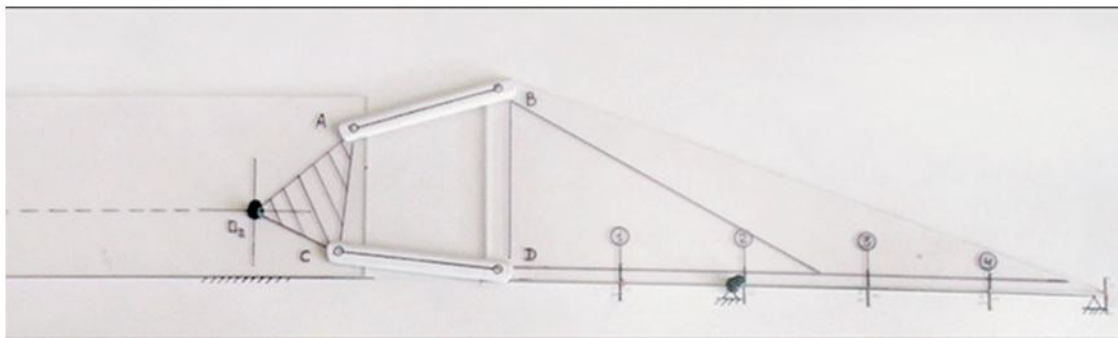


Рис. 1. Фізична модель механічної системи «трактор – начіпка – плуг». Об'єкти моделювання – трактор ХТЗ-17021 з серійним начіпним пристроєм та плуг ПЛН-5-35. Модель виконано в поздовжньо-вертикальній площині (фото).

Аналізуючи розробки та дослідження різних варіантів оформлення начіпки в орних агрегатах, прийшли висновку, що незалежне пристосування до рельєфу поля начіпної машини та трактора можна отримати в тому випадку, якщо для їх сполучення використана одна шарнірно закріплена до остова трактора та рами ґрунтообробної машини ланка, а машина має два опорних колеса, які встановлено біля переднього та заднього корпусів, тобто начіпний плуг у робочому положенні рухався б як причіпний, максимально копіюючи макрорельєф поля. Якщо умовно вважати, що передніми опорними колесами

плуга є задні колеса трактора, а опорне колесо плуга змістити до його п'ятого корпусу, то отримаємо варіант, коли начіпний плуг буде рухатись як причіпний – розроблена схема орного МТА.

Для кінематичного аналізу моделей з серійною та розробленою схемами (рис. 2), що умовно рухаються по поверхні з макронерівностями, розглянемо окремі положення трактора та плуга, котрі вони займають під впливом нерівностей. Суміщення таких положень повинно моделювати дійсний поздовжній кутовий рух орного МТА по нерівній поверхні.

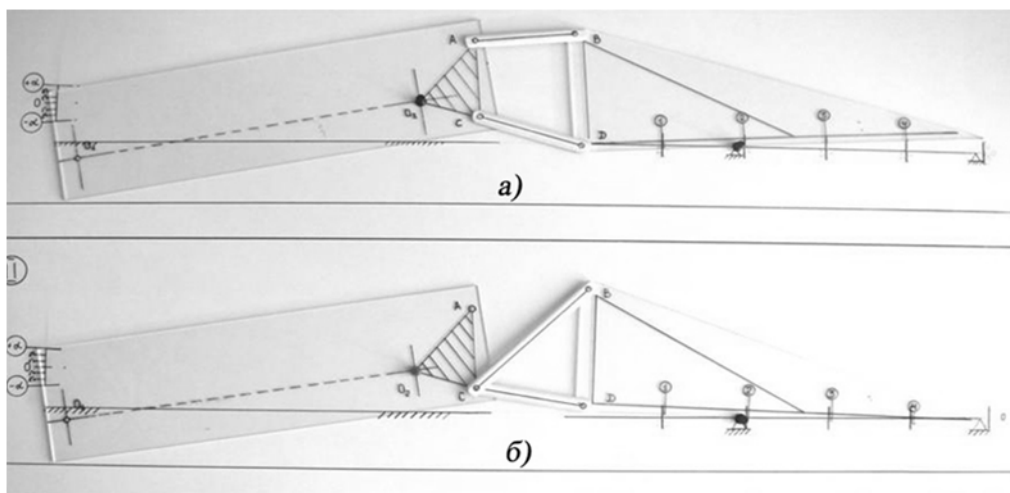


Рис. 2. Стенд для проведення кінематичного аналізу передаточної функції начіпного пристрою а) серійної, б) розробленої структурних схем орного агрегату на фізичних моделях

Для визначення факторів впливу на поздовжні кутові переміщення рами плуга розглянемо рух орного агрегату по нерівній поверхні поля, за наявності макронерівностей поверхні, тобто коли довжина нерівностей відповідна або більша за довжину агрегату. Коли передні колеса трактора заходять на підйом, а задні колеса та плуг знаходяться на горизонтальній площині, починає змінюватись нахил остова трактора на кут $\Delta\alpha$, який передається на раму плуга, і викликає її кутове поздовжнє переміщення відносно осі опорного колеса плуга на величину $\Delta\varphi$ (рис. 3, а).

Після проходження початку підйому задніми колесами трактора кут нахилу його остова α починає змінюватись у зворотному напрямку, тобто фактор $\Delta\alpha$ продовжує впливати на стійкість руху системи. Одночасно з цим починає змінюватись вертикальна відстань H між осями задніх коліс трактора та опорного колеса плуга на величину ΔH (рис. 3, б). Така зміна буде відбуватись до моменту, поки остов трактора не займе горизонтальне положення, тобто буде присутній фактор ΔH , але фактор $\Delta\alpha = 0$ (рис. 3, в).

Суміщення наведених взаємних положень елементів системи буде моделювати дійсний поздовжній кутовий рух орного агрегату на поверхні з макронерівностями. Тобто, комбінуючи фактори впливу ΔH та $\Delta\alpha$ на фізичних моделях, можемо наближено визначити передаточну функцію різних варіантів оформлення структурної схеми орного МТА.

В якості вихідних було прийнято кути нахилу остова трактора в межах

$\pm 3^\circ \dots 5^\circ$, оскільки для трактора ХТЗ-17021 кут нахилу остова в 5° буде еквівалентний підйому осі передніх коліс на 0,227 м. Коливання відстані ΔH було вибрано в межах $\pm 0,1$ м. Такі значення факторів впливу $\Delta\alpha$ та ΔH наведено та обґрунтовано в роботах [1, 2].

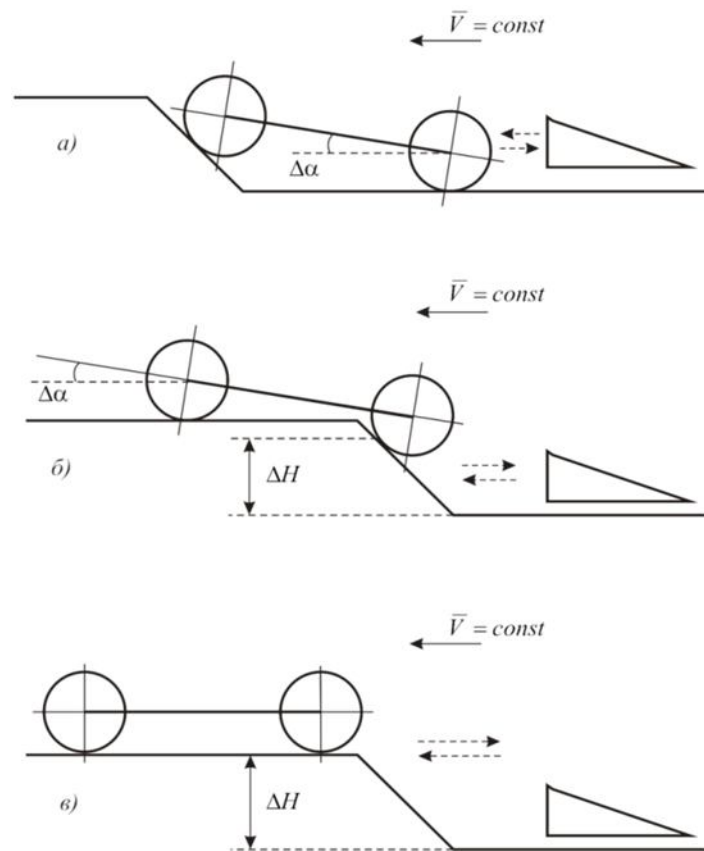


Рис.3 До аналізу впливу кутового переміщення остова трактора на кутове відхилення рами плуга в поздовжньо-вертикальній площині; фактори впливу: а) кут нахилу остова трактора $\Delta\alpha$; б) кут нахилу остова трактора $\Delta\alpha$ та відстань ΔH ; в) відстань ΔH .

Результати порівняльних досліджень на кінематичному стенді наводяться в вигляді таблиць (див. додаток Е), де умовно показано характер нахилу рами плуга відносно осі опорного колеса. Наведено значення відхилень глибини оранки від заданої Δa (мм) першого (Δa_1) та п'ятого (Δa_5) корпусів плуга (рис. 4).

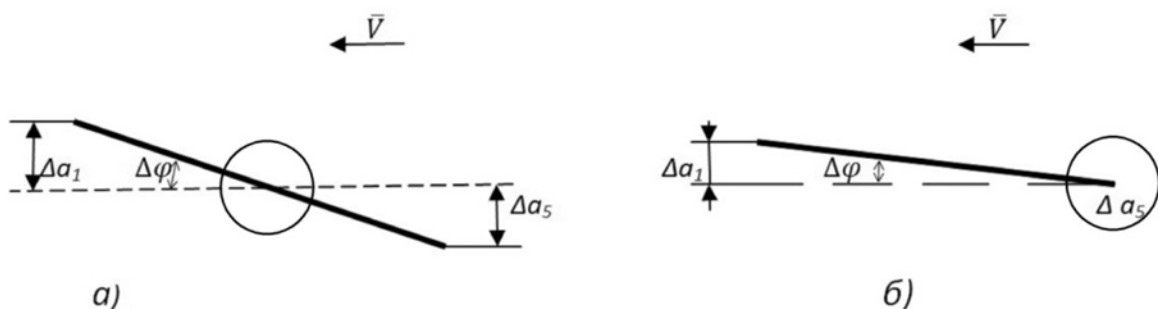


Рис. 4. Умовне зображення характеру нахилу фізичної моделі плуга відносно осі його опорного колеса та значень максимальних відхилень глибини оранки Δa_i при розміщенні опорного колеса: а) штатному; б) експериментальному

Аналіз експериментальних досліджень впливу фактору $\Delta\alpha$ моделі остова трактора на кутові відхилення моделі плуга $\Delta\varphi$, який проводився на кінематичному стенді (рис. 5), показав, що передаточна функція начіпного пристрою змінюється майже лінійно в межах кута $\Delta\alpha = \pm 5^\circ$ від горизонтального положення остова. За вказаними межами передаточна функція начіпки викривляється, але нахил остова трактора ХТЗ–150К на 5° при його поздовжній базі 2,87 м відповідає підйому осі передніх коліс на 0,25 м. Дослідження профілограм поздовжнього рельєфу поля показало, що макронерівності з такими перепадами висот майже не зустрічаються. Тому фактор впливу $\Delta\alpha$ приймали в межах $\pm 5^\circ$.

З аналізу таблиці 1 бачимо, що максимальні поздовжні кутові відхилення моделі плуга при використанні серійної начіпки значно перевищують допустимі в ± 2 см навіть при $\Delta\alpha = \pm 3^\circ$, причому маємо нерівномірність глибини обробітку: перший корпус моделі виглиблюється на 1 см, а останній додатково заглиблюється на 2,5...4,0 см. Застосування розробленої начіпки та розміщення опорного колеса плуга біля п'ятого корпусу забезпечує стійкий рух агрегату: максимальне заглиблення першого корпусу на 2,5 см знаходиться майже в межах агроправил, а нерівномірність обробітку між корпусами практично відсутня.

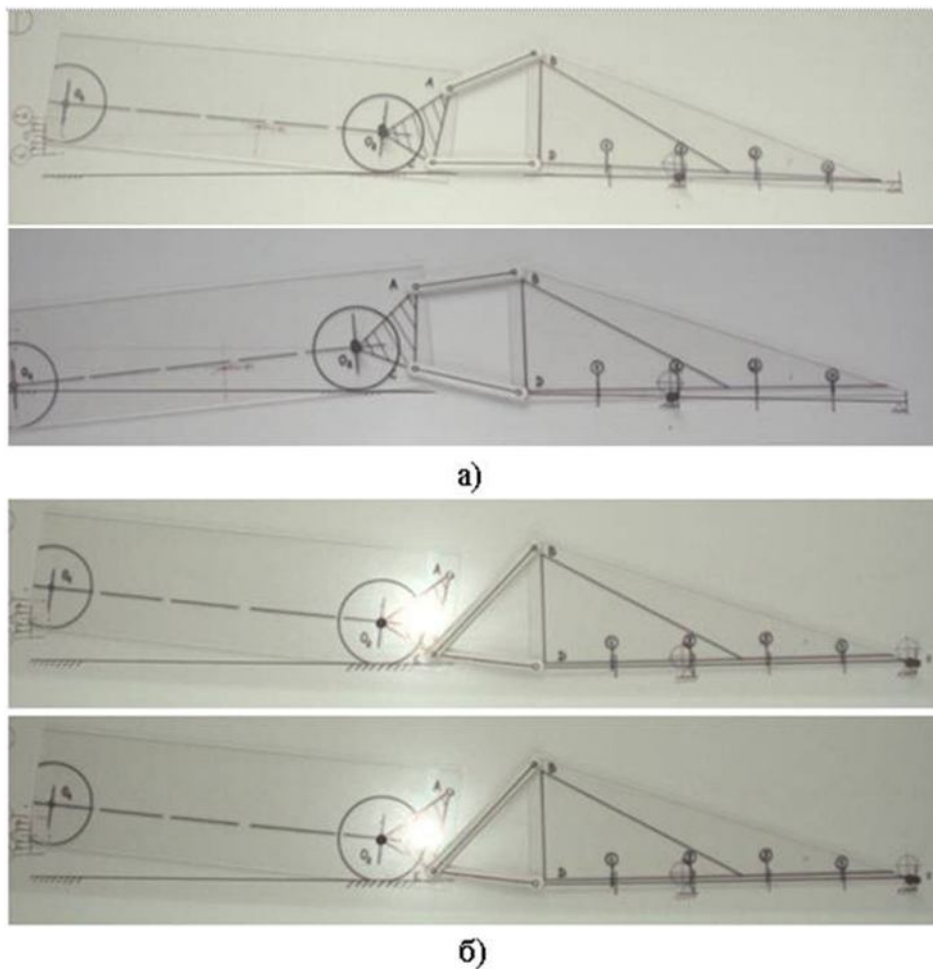


Рис. 5. Фізичні моделі орного машинного агрегату в поздовжньо-вертикальній площині (фактор впливу $\pm \Delta\alpha$ остова трактора) при використанні начіпки: а) серійної; б) розробленої

За результатами лабораторних досліджень передаточної функції начіпних пристроїв на фізичних моделях максимальні значення Δa_i вертикальних переміщень окремих робочих органів плуга спостерігаються за умов одночасної наявності факторів ΔH та $\Delta \alpha$. Перевищення допустимих $\Delta a = \pm 2$ см робочих органів моделі плуга мають як модель з серійною, так і з розробленою схемами начіпного пристрою.

В реальних умовах співвідношення факторів ΔH та $\Delta \alpha$ може кількісно відрізнятися від значень наведених в таблицях розділу. Так, наявність фактору ΔH можлива у двох випадках. В першому, це коли на поверхні, де рухається трактор, присутні мікронерівності, тобто випадкові перешкоди у вигляді, наприклад, звального гребеня (розвальної борозни) та т. ін. Наявність ΔH у такому випадку кількісно буде відрізнятися від максимальних табличних значень, оскільки при наїзді на перешкоду передніми колесами трактор змінює тільки кут нахилу остова. Задні колеса йдуть по сліду передніх і ΔH в цьому випадку буде меншою внаслідок зминання ґрунту. Додатково зменшує величину ΔH і амортизаційна здатність шини заднього колеса. Як видно з таблиці 2, коливання ΔH в межах ± 50 мм будуть викликати переміщення Δa окремих корпусів плуга для розробленого варіанту майже в межах агротехнічних правил.

Таблиця – 1 Передаточна функція начіпки за наявності фактору впливу $\Delta \alpha$

Фактори впливу $\Delta \alpha$, град. ΔH , м	Положення рами плуга відносно горизонталі. Відхилення $\Delta a_1, \Delta a_5$, мм.	
	Серійна начіпка	Розроблена начіпка
$\Delta \alpha = +3$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 0,86^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,32^\circ$</p>
$\Delta \alpha = +5$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 1,4^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,54^\circ$</p>
$\Delta \alpha = -3$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 1,006^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,3^\circ$</p>
$\Delta \alpha = -5$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 1,72^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,54^\circ$</p>

Таблиця 2 Передаточна функція начіпки за наявності фактору впливу ΔH

Фактори впливу $\Delta\alpha$, град. ΔH , м	Положення рами плуга відносно горизонталі. Відхилення $\Delta a_1, \Delta a_5$, мм.	
	Серійна начіпка	Розроблена начіпка
$H=0,67$ $\Delta H=0,05$ $\Delta\alpha=0$		
$H=0,72$ $\Delta H=0,1$ $\Delta\alpha=0$		
$H=0,57$ $\Delta H=-0,05$ $\Delta\alpha=0$		
$H=0,52$ $\Delta H=-0,1$ $\Delta\alpha=0$		

В другому випадку фактор ΔH буде виникати в результаті галопування трактора, тобто в результаті його поздовжніх кутових коливань навколо центру галопування. Оскільки передні колеса трактора обладнані амортизуючою системою, а задній міст жорстко з'єднаний з остовом, то вертикальні переміщення переднього та заднього мостів будуть різними, а це призведе знову ж таки до кількісної зміни фактора $\Delta\alpha$, при незначних переміщеннях ΔH задніх коліс. За даними експериментальних досліджень [3] із-за наявності суттєвого сумарного впливу вертикальних складових сил зі сторони плуга вертикальні коливання трактора здійснюють малопомітний вплив на динаміку вертикальних переміщень плуга. Виходячи з наведеного, в подальшому розглядатимемо рух орного МТА за наявності фактору $\Delta\alpha$.

Висновок. Для розрахунку і керування якістю оранки моделюванням кутового руху в механічній системі «трактор – начіпка – плуг», з використанням створених фізичних моделей кінематичного зв'язку, одержано передаточні залежності нової начіпки та визначено фактори, які впливають на їх зменшення.

Передаточна функція $u = \Delta\varphi/\Delta\alpha$, що отримана при лабораторних дослідженнях на кінематичному стенді для моделі орного МТА з серійною схемою начіпки після осереднення буде $u = 0,267$, а з розробленою $u = 0,112$ (рис.6).

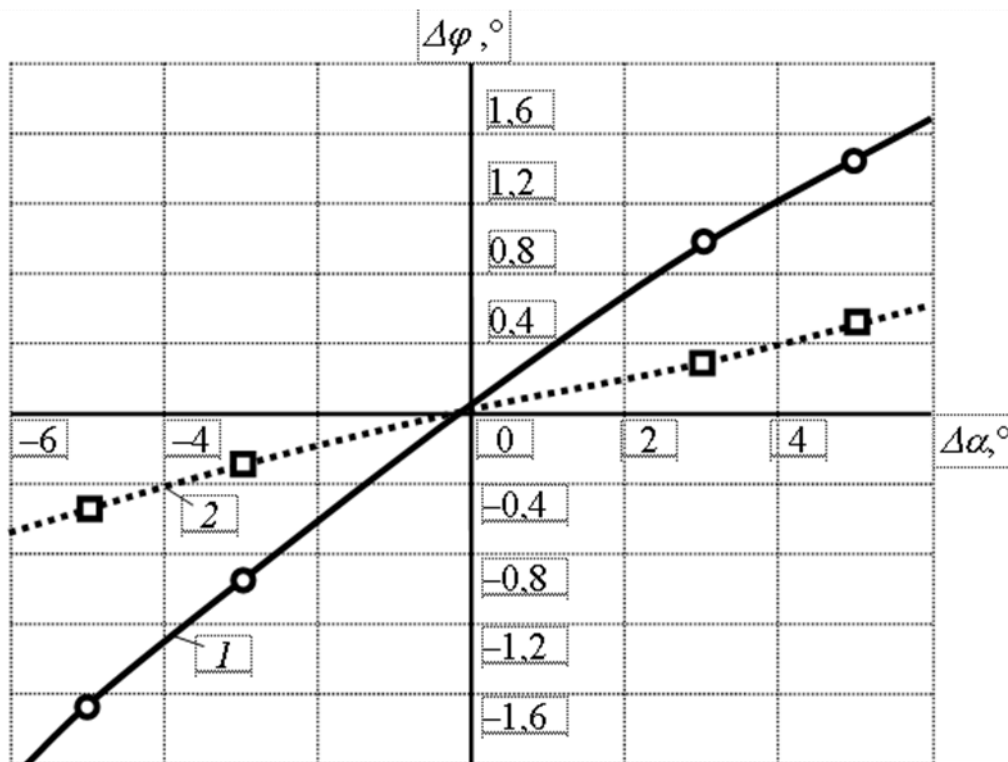


Рис. 6. Залежності кута нахилу рами плуга від кутових переміщень остова трактора (фізичне моделювання) орного агрегату: а) серійного; б) модернізованого

Список використаних джерел

1. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. Н. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 326 с.
2. Слободюк В. Я. Теоретическое и экспериментальное исследование продольной устойчивости движения плуга при навеске с упругими элементами в верхнем звене: дис. ...кандидата технических наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Слободюк В.Я. – Харьков, 1964.
3. Мітков В. Б. Обґрунтування схеми і параметрів агрегату для оранки ґрунту одночасно з подрібненням рослинних решток: дис. ... кандидата технічних наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Мітков Василь Борисович. – Мелітополь, 2006. – 174 с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВОГО ДВИЖЕНИЯ ПЛУГА НА ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Пастухов В.И., Скофенко С.Н., Фесенко Г.В., Бурлака В.В., Малец О.Н.

Проведено дослідження неустойчивого руху плуга деяких варіантів механічної системи «трактор – навеска – плуг» з використанням фізичного моделювання.

Abstract

INVESTIGATION OF UNSTABLE MOTION PLOW ON PHYSICAL MODELS

Pastukhov V.I., Skofenko S.N., Fesenko G.V., Burlaka V.V., Malez O.N.

The study of unstable motion plow some variants of the mechanical system "tractor – plow – hitch" with the use of physical modeling.

УДК 631.362:532

КОЛЕБАНИЯ СЕПАРИРУЕМОЙ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ВСЛЕДСТВИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ВИБРАЦИЙ РЕШЕТА

Ольшанский В.П., д-р ф.-м.н., проф., Кучеренко С.И., к.т.н., проф.,
Ольшанский С.В., асп., Малец О.Н.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Методом Бубнова-Галеркина построено приближенное аналитическое решение задачи о колебаниях скорости потока виброожигенного зернового слоя при его движении по вибрирующему наклонному плоскому решету. Проведено сравнение численных результатов, к которым приводят построенное и другие известные приближенные решения этой задачи.

Постановка проблемы. Использование вибраций интенсифицирует процесс решетного сепарирования зерновых смесей. Поэтому изучение поля скоростей в слое сыпучей среды, которая движется по вибрирующей направляющей поверхности, представляет научно-прикладной интерес. Одним из возможных способов теоретического описания таких полей является применение уравнений течения вязкой ньютоновской жидкости к моделированию движения виброожигенной сыпучей среды.

Анализ последних публикаций. Различают вибрационные поля в зерновом поле, которые вызваны продольными и поперечными колебаниями плоского решета [1]. К более изученным относится вариант продольных колебаний, когда распределение скоростей удастся выразить в замкнутой форме с помощью известных специальных или элементарных функций [2,3,4]. При поперечных колебаниях решета краевая задача усложняется и не удастся найти ее точное аналитическое решение. Поэтому в [5,6,7] были построены приближенные решения динамической задачи без учета и с учетом разделения зерновой смеси на проходovou и сходовую фракции. Расчетные формулы получены методом Бубнова-Галеркина в одночленном приближении, в связи с чем желательно иметь и другие решения, чтобы судить о точности приближенных теоретических результатов.

С учетом изложенного, целью данной работы является построение