

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Шкрегаль О.М. к.т.н.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)

Наведено результати експериментальних досліджень впливу параметрів секції культиватора для суцільного обробітку ґрунту з експериментальними лапами на стійкість руху при виконанні технологічного процесу.

Постановка проблеми. Вдосконалення засобів механізації для поверхневого обробітку ґрунту, з метою підвищення якості роботи та зменшення енергетичних витрат, має важливе наукове та народногосподарське значення. Домінуюче положення у групі ґрунтообробних машин займають культиватори для суцільного обробітку ґрунту з одношарнірною підвіскою робочих органів, які потребують нових підходів до вдосконалення їх конструктивних елементів з метою покращення стійкості руху відносно встановленої глибини обробітку.

Більшість культиваторів для суцільного обробітку ґрунту обладнані радіальною (одношарнірною) підвіскою робочих органів. При цьому основним недоліком такої конструкції є змінність встановлення лез лап до горизонтального (заданого) положення, що зумовлює порушення стійкості руху робочих органів відносно заданої глибини обробітку ґрунту. У зв'язку з цим, виникає необхідність в проведенні досліджень процесу руху секції культиватора на асимптотичну стійкість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз наукових праць [1-2] вказує на те, що одним з негативним факторів при роботі ґрунтообробних машин, в тому числі культиваторів, є відхилення від заданої глибини обробітку ґрунту внаслідок порушення рівноваги діючих на них сил, що обумовлює погіршення стійкості руху агрегату. Встановлено, що порушення стійкості руху культиваторів з одношарнірною підвіскою робочих органів при виконанні технологічного процесу обумовлюється неоднорідністю фізико-механічних властивостей середовища обробітку (ґрунт, рослини бур'янів, механічні домішки та ін.), рельєфом поверхні поля, спрацюванням та конструкцією робочих органів. Усі ці фактори сприяють зниженню якості виконання технологічного процесу культивації ґрунту і обумовлюють підвищення його енергоємності. В дослідженнях [3-5] теоретично обґрунтовано та експериментально досліджено робочі органи з криволінійною формою леза [6], які встановлюються на серійні культиватори з одношарнірною підвіскою, форма яких суттєво впливає на стійкість руху.

Невирішена частина проблеми. Експериментальне визначення впливу конструктивних параметрів одношарнірної підвіски на асимптотичну стійкість

секції культиватора з експериментальними робочими органами.

Мета – дослідження стійкості руху та обґрунтування раціональних параметрів секції культиватора з одношарнірною підвіскою з експериментальними робочими органами.

Основний матеріал досліджень.

Асимптотичну стійкість системи, згідно [7] оцінювали залежністю значень часу збуреного руху від параметрів одношарнірної підвіски робочого органу культиватора. Так, визначивши диференціальні рівняння динаміки секції культиватора з використанням другого методу Ляпунова, дозволили одержати диференціальне рівняння збурення:

$$\dot{\delta} = \frac{1}{2} \{ \{ C[l_{\varnothing} - l_3 \cos(\beta + \alpha_0 - \alpha - s)]l_1 + mg \sin(\alpha_0 + \alpha + s) - R_{\chi A} [1 + A_2 \sin A_3 t] \times [l_1 \cos(\alpha_0 + \alpha + s)] \} \cdot s + A_1 \delta \} \quad (1)$$

У результаті сумісного вирішення диференціальних рівнянь динаміки секції культиватора та збурення були одержані залежності часу збурення від параметрів культиватора (рис. 1).

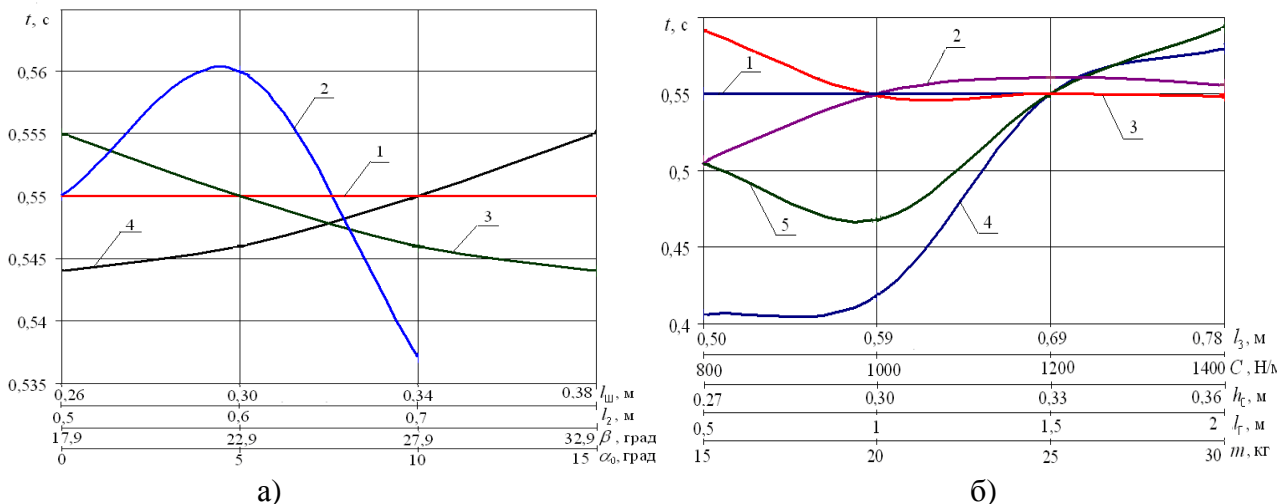


Рис. 1. Залежності часу збурення від: а) 1 – довжини натискної штанги; 2 – відстані від точки кріплення гряділя до центра мас системи; 3 – кута між тягою кріплення повзуна штанги і горизонтом; 4 – початкового кута нахилу гряділя до горизонту; б) 1 – довжини тяги кріплення повзуна натискної штанги; 2 – жорсткості пружини натискної штанги; 3 – висоти стовби культиваторної лапи; 4 – довжина гряділя; 5 – маси гряділя з робочим органом

Для перевірки адекватності отриманих залежностей було проведено експериментальні дослідження. Експериментальні дослідження впливу конструктивних параметрів підвіски культиватора на стійкість руху експериментальних робочих органів проводили в лабораторних умовах в ґрунтовому каналі. В якості дослідного робочого органу використано розроблену лапу культиватора з криволінійним профілем леза [6].

Лабораторна установка (рис.2) складалася з секції серійного культиватора КПС-4, в який входила: рама на якій закріплені два гряділя – один короткий (для першого ряду лап) та один довгий (для другого ряду лап), стовби з

стрілчастою лапою, повзуна натискної штанги з пружиною стиснення, змінних вантажів, колеса для збурення системи, реєстраційно-вимірального комплексу, що включав в себе акселерометри MMA7260QT, АЦП (аналого-цифровий перетворювач) та ПК. Секція культиватора навішувалась на раму рухомої каретки за допомогою гідравлічної начіпної системи.

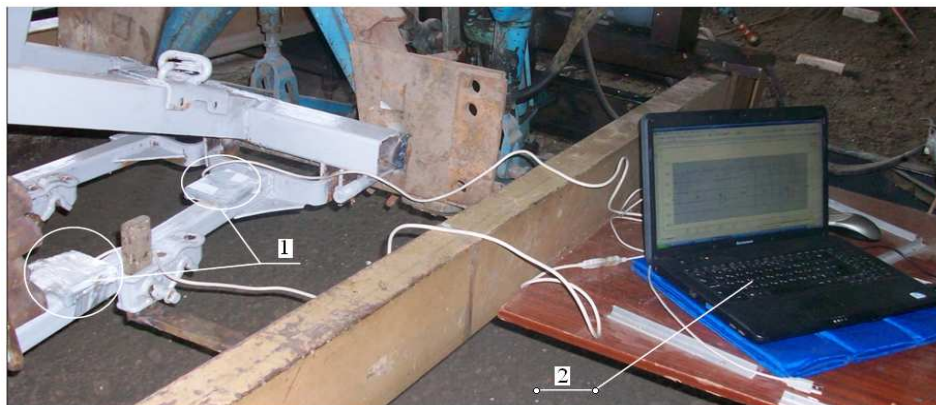


Рис. 2. Загальний вид вимірального комплексу для визначення стійкості руху секції культиватора: 1 – акселерометри; 2 – ПК

Визначення часу збурення системи досягалося за рахунок реєстраційно-вимірального комплексу. Експериментальні дослідження динамічних якостей культиватора ґрунтувалися на вимірюванні параметрів руху чутливими елементами в реальних умовах. В якості чутливих елементів використовувались трикоординатні датчики прискорень – акселерометри.

Під час випробувань акселерометри визначали величину прискорення гряділя в трьох площинах за часом. На рис. 2 наведено загальний вид вимірального комплексу.

Для збурення секції культиватора по ходу руху каретки в ґрунт на відстані 1,5 метра один від одного нерухомо закріплювали три перешкоди – металеві пластини (збурювачі) висотою 0,04 м та шириною 0,02 м, а на гряділь секції культиватора жорстко закріплювали колесо, яке при робочому русі на відповідній глибині обробітку знаходилося в підвішеному стані на висоті 0,01 м.

Після налаштування відповідних параметрів секції та закріпленні датчиків на гряділі встановлювалось робоче положення секції культиватора після чого приводилась в дію приводна каретка, швидкість якої була постійною та запускалась комп'ютерна програма, яка фіксувала прискорення гряділя в трьох площинах X , Y і Z за часом. При короткочасній взаємодії колеса із перешкодами відбувалось виведення секції культиватора з рівноваги, таким чином забезпечувалось збурення системи, після чого колесо поверталось в вихідне положення (підвішений стан) і через деякий проміжок часу секція культиватора поверталась до вихідного стану.

Стійкості руху культиватора визначали за часом повернення системи з збуреного стану до незбуреного завдяки реєстраційно-виміральному комплексу. Похибка таких вимірювань складала (для акселерометрів MMA7260QT) – 1 %.

Конструкція установки забезпечувала зміну таких параметрів

культиватора з одношарнірною підвіскою, як: довжини гряділя; жорсткості пружини натискної штанги; відстані від точки кріплення гряділя до центру мас системи; висоти стовби культиваторної лапи; початкового кута нахилу гряділя до горизонту; маси гряділя з робочим органом.

Маса системи корегувалася зміною вантажів, що встановлювалися на гряділь дослідної установки. Досліди проводили при постійній швидкості робочих органів, що складала 0,53 м/с, вологості ґрунту – 19...22%, глибині обробітку – 0,08 м.

При виборі рівнів варіювання факторів, які впливають на стійкість руху культиватора, виходили з умов конструкції одношарнірної підвіски серійного культиватора КПС-4 та з врахуванням раціональних значень параметрів при теоретичних дослідженнях.

Результати реалізації матриці планування приведені в таблиці 1, де кодові позначення відповідають x_1 – довжина гряділя; x_2 – жорсткість пружини натискної штанги; x_3 – відстань від точки кріплення гряділя до центра мас системи; x_4 – висота стовби культиваторної лапи; x_5 – початковий кут нахилу гряділя до горизонту; x_6 – маса гряділя з робочим органом; y – час затухання коливань, за який система повертається з збуреного стану у незбурений.

Таблиця 1 – Результати реалізації матриці планування експерименту

№	Фактори						Час затухання коливань t , с			Середнє значення \bar{t} , с
							повторність			
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	1	2	3	
1	+	+	+	+	+	+	1,06	0,98	0,96	1,00
2	+	+	+	-	+	-	0,92	0,68	0,86	0,82
3	+	+	-	+	+	-	0,86	0,70	0,66	0,74
4	+	+	-	-	+	+	1,24	1,20	1,30	1,25
5	+	-	+	+	-	+	1,34	1,54	1,20	1,36
6	+	-	+	-	-	-	1,04	0,82	1,02	0,96
7	+	-	-	+	-	-	1,00	0,90	0,80	0,90
8	+	-	-	-	-	+	0,92	1,38	1,46	1,25
9	-	+	+	+	-	+	0,72	0,72	0,7	0,71
10	-	+	+	-	-	-	1,28	1,30	0,98	1,19
11	-	+	-	+	-	-	1,00	1,18	0,98	1,05
12	-	+	-	-	-	+	0,9	0,78	0,8	0,83
13	-	-	+	+	+	+	0,94	0,96	0,88	0,93
14	-	-	+	-	+	-	1,36	1,20	1,42	1,33
15	-	-	-	+	+	-	1,30	1,02	1,04	1,12
16	-	-	-	-	+	+	0,96	0,94	1,12	1,01

Використання реєстраційно-вимірального комплексу дало можливість отримати характер затухання збурення системи та визначити час повернення системи з збуреного стану до незбуреного (рис. 3).

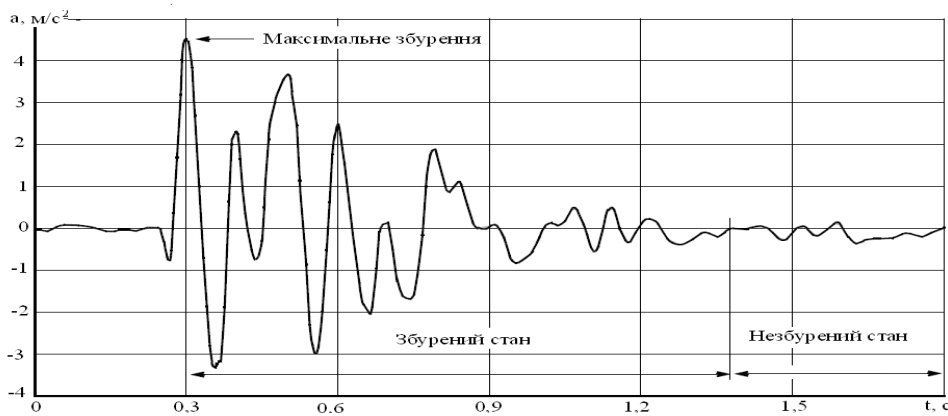


Рис. 3. Характер затування та час повернення системи з збуреного стану до незбуреного

За результатами досліджень отримали рівняння регресії, яке описує вплив конструктивних параметрів на стійкість руху секції культиватора:

$$y = 1,095167 + 0,0075x_1 - 0,0792x_2 + 0,00917x_3 - 0,0508x_4 - 0,00417x_5 + 0,0142x_6. \quad (1)$$

Статистична обробка отриманих даних на їх достовірність за критерієм Фішера показала, що отримана математична модель є адекватною і з довірчою імовірністю 0,95 придатна для опису досліджуваного процесу, оскільки $F_{\text{дiф}} = 1,9 < F_{\text{дiа}} = 7,52$. При цьому $N_{\text{CP}} = 0,212$.

Аналіз рівняння регресії показує, що вплив факторів та їх сила співпадає з отриманими аналітичними залежностями, що підтверджує достовірність результатів теоретичних досліджень. Підвищення стійкості руху робочих органів культиватора забезпечується при наступних параметрах: раціональне значення жорсткості натискної пружини повинно бути не більше 800 Н/м; висота стовби лапи – не менше 0,3 м; маса гряділя з робочим органом – в межах 18...20 кг; довжина гряділя в межах 0,5...1,0 м.

Розглядаючи ступінь впливу факторів на стійкість руху секції культиватора встановлено, що найбільший вплив мають жорсткість пружини, висота стовби культиваторної лапи та маса гряділя з робочим органом.

Висновки

За результатами експериментальних випробувань секції культиватора з одношарнірною підвіскою робочих органів можна зробити наступні висновки:

1. Найбільший вплив на стійкість руху культиватора з одношарнірною підвіскою робочих органів мають жорсткість натискної пружини, висота стовби культиваторної лапи та маса гряділя разом з робочим органом.

2. Підвищення стійкості руху робочих органів культиватора забезпечується при наступних параметрах: раціональне значення жорсткості натискної пружини повинно бути не більше 800 Н/м, висота стовби лапи – не менше 0,3 м, маса гряділя з робочим органом – в межах 18...20 кг; довжина гряділя в межах 0,5...1,0 м. Збільшення довжини гряділя з 0,5 до 2,0 м збільшує час збуреного руху майже в 1,4 раза.

Список літератури

1. Коломієць С.М. Дослідження умов повернення культиватора в стан рівноваги / С.М. Коломієць // Механізація та автоматизація виробничих процесів: Вісник Сумського державного аграрного університету. – Суми, 2002. – Вип. 9. – С. 123-126.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. ; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
3. Козаченко О.В. Обґрунтування профілю леза лапи культиватора мінімальної енергоємності / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк // Агроінженерні дослідження: Вісник Львівського національного аграрного університету. – Львів : ЛНАУ, 2008. – Вип. 12, Т. 2. – С. 347–353.
4. Козаченко О.В. Теоретические исследования энергоёмкости культиваторных лап / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Экология и сельскохозяйственная техника: Вестник СЗНИИМЭСХ. – Санкт-Петербург : СЗНИИМЭСХ, 2009. – С.211–217.
5. Козаченко О.В. Виробничі випробування культиваторних лап удосконаленої конструкції / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк // Сучасні проблеми землеробської механіки: Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2009. – №2. – С. 178–281.
6. Пат. 39713 Україна, МПК А01В 35/00. Робочий орган культиватора / [Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Блезнюк О.В.]; заявник та власник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – № 200811612; заявл. 29.09.08; опубл.10.03.09, Бюл. № 5.
7. Козаченко О.В. Математичне моделювання стійкості руху культиватора / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк // Проблеми технічної експлуатації машин: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Харків : ХНТУСГ, 2011. – С. 103–107.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЕКЦИИ ПРОПАШНОГО КУЛЬТИВАТОРА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Шкрегаль А.Н.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния параметров секции пропашного культиватора с экспериментальными рабочими органами на устойчивость движения при выполнении технологического процесса.

Abstract

STABILITY INVESTIGATION SECTION MOTION TILLED CULTIVATORS UNDER LABORATORY CONDITIONS

A. Shkregal

The results of experimental studies of the influence of parameters section tilled tiller Working with experimental bodies for resistance movements in the performance of the process.