

УДК 631.358.42

Ю.Б. Гладь, канд. техн. наук, доц., І.Г. Ткаченко, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет, (Україна)

С. Г. Білик, канд. техн. наук, доц.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», (Україна)

АНАЛІЗ РУХУ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ З АВТОМАТОМ КЕРУВАННЯ

**Yu.B. Hlado, Ph.D., Assoc. Prof., I.G. Tkachenko, Ph.D., Assoc. Prof., S.G. Bilyk, Ph.D.,
Assoc. Prof.**

ANALYSIS OF MOVEMENT OF ROOT HARVESTER WITH AUTOMATIC CONTROL

Одним з шляхів вирішення проблеми зниження собівартості виробництва цукрових буряків є впровадження ресурсоощадних механізованих технологій їх збирання. Ці технології повинні базуватися на використанні високопродуктивних коренезбиральних машин, які б забезпечували високу якість збирання при мінімальних втратах коренеплодів.

Сучасні технології збирання цукрових буряків базуються на автоматизації процесу водіння коренезбиральної машини по міжряддях, що дозволяє уникнути помилок оператора і зменшити відсоток пошкоджених і втрачених коренеплодів.

Автоматично керований стежний гідропривод коренезбиральної машини (автомат водіння) – це гідропривод, в якому регульований параметр вихідної ланки гідродвигуна змінюється відповідно до кількісної характеристики зовнішнього, заздалегідь невідомого, впливу [1].

Процес руху коренезбиральної машини, що керується гідрооб'ємним автоматом водіння, можна розділити на два етапи. Перший – рух копіра без контакту із коренеплодом, другий – контакт копіра із коренеплодом. Дослідження руху на першому етапі має за мету визначити стійкість прямолінійного руху машини при випадкових збуреннях. На другому етапі руху особливий інтерес становить дослідження процесу відслідковування машиною траєкторії рядків буряків та визначення зусиль в контактні копіра із коренеплодом [2].

Аналіз можливих варіантів роботи машини з автоматом водіння показав, що найбільш несприятливим є її рух вздовж рядків, які мають значні відхилення від прямої лінії, а коренеплоди в рядках розміщені нерівномірно. В цьому випадку можливі значні коливання та навіть автозбудження системи керування.

Система нелінійних диференціальних рівнянь, що описує поперечне переміщення машини у міжряддях, має вигляд

$$\begin{cases} \dot{\psi} = M \frac{v}{L_1} \\ \dot{x} = \dot{\psi} \sqrt{\frac{R_1^2}{M^2}} \sin \left[\psi + \arctg \left(M \frac{L_2}{L_1} \right) \right], \end{cases}$$

де ψ – кут повороту, x – поперечне зміщення машини, Δ – зазор між копіром і головкою буряка, v – швидкість машини, K – нелінійний коефіцієнт чутливості автомата керування, що визначається його конструкцією, L_1 і L_2 – відстань між осями машини та від осі до копіра, відповідно, R_1 – змінний радіус руху машини.

$$M = \operatorname{tg} [K (\Delta - x)];$$
$$R_1 = L_1 / M .$$

Комп'ютерний аналіз системи диференціальних рівнянь, що базується на числовому розв'язку методом Рунге-Кутта, показав основні залежності коливного процесу від параметрів системи, та дозволив покращити стійкість руху машини у міжряддях.

Встановлено, що копір здійснює коливальні рухи з амплітудою, що незначно перевищує величину зазору, а період коливань для реальної коренезбиральної машини складає близько 10 секунд. Швидкість коливань має чітко виражений пілкоподібний характер, причому напрямок швидкості різко змінюється при контакті копіра з коренеплодом. Збільшення швидкості руху комбайна суттєво збільшує швидкість та частоту коливань, що є небажаним.

На базі динамічної моделі системи з використанням критерію стійкості Рауса-Гурвіца досліджено питання стійкості стежної системи при поперечних та кутових коливаннях, а також вплив масогабаритних параметрів на стійкість системи керування.

Основні масогабаритні показники машини не можуть бути вибрані довільно. Для забезпечення стійкості руху конструктор може в певних межах змінювати коефіцієнт чутливості автомата керування K , жорсткість колісної підвіски та враховувати коефіцієнт демпфування. Аналіз результатів, отриманих у роботі, свідчить про стійкість руху машини під час збирання коренеплодів за умови наявності високої жорсткості підвіски та достатньо великого коефіцієнта демпфування.

У коренезбиральних машин жорсткість підвіски визначається зведеною жорсткістю коліс та ґрунту в місці контакту з колесом. Під час руху машини по м'якому ґрунту або на колесах з недостатнім внутрішнім тиском повітря зведена жорсткість зменшується, що призводить до можливої втрати стійкості і, як результат, машина може мати поперечні вібрації значної амплітуди. Коефіцієнт чутливості автомата керування K необхідно вибирати мінімально допустимим з умови слідкування за траєкторією рядків коренеплодів. Рекомендовані значення визначаються із математичної моделі числовим способом при підстановці конкретних значень масогабаритних параметрів.

Основні висновки проведеного дослідження:

- при збільшенні зазору у міжряддях між копіром та коренеплодом відбувається пропорційне збільшення амплітуди та швидкості коливань;
- збільшення коефіцієнта чутливості K зменшує амплітуду коливань за рахунок більш точного відпрацювання, але збільшує частоту та швидкість коливань;
- занадто високе значення коефіцієнту чутливості K може призвести до самозбудження системи керування або переходу її в режим насичення, з іншого боку, занадто мале значення коефіцієнта чутливості призведе до втрати керування та виходу машини з робочої зони.

Література

1. Гевко Б. М. Гідропривод і гідроавтоматика сільськогосподарської техніки : посібник / Б. М. Гевко, С. Г. Білик., А. Ю. Ліник, О. В. Фльонц. Тернопіль, Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. 384 с.
2. Білик С. Г. Обґрунтування параметрів механізмів автомата водіння коренезбиральної машини: дис... канд. техн. наук : 05.05.11. Бережанський агротехнічний ін-т національного аграрного ун-ту. Бережани, 2004. 168 с.