

УДК 631.33

## **ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ СТІЙКОСТІ РУХУ ПРИЧІПНИХ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН**

*Храмов М. С.*

*Миколаївський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Проблема забезпечення стійкості руху причіпних ґрунтообробних машин є однією з найбільш важливих у сучасному землеробстві, оскільки нестабільний рух механізованих агрегатів може призвести до втрати якості обробітку ґрунту, перевитрат палива та підвищення зносу обладнання. У процесі експлуатації таких машин нестабільний рух часто виникає через вплив зовнішніх факторів, зокрема нерівностей поверхні поля, змінної вологості ґрунту та наявності залишків рослин на поверхні (Levene et al., 2019). При дослідженні динаміки руху таких машин особливу увагу слід приділяти розв'язанню диференціальних

рівнянь, які описують поведінку системи в умовах реальних експлуатаційних навантажень (Smith et al., 2016).

Проблема полягає у визначенні таких параметрів руху причіпних машин, які забезпечать їхню стійкість і мінімальні відхилення від заданої траєкторії при наявності дестабілізуючих чинників (Zhou et al., 2020). Зміна векторів сил взаємодії між ґрунтом та робочими органами призводить до виникнення вертикальних і горизонтальних коливань рами машини, що знижує рівномірність обробітку ґрунту та призводить до утворення неякісного насінневого ложа (Ishikawa et al., 2017). У таких умовах особливо важливим є використання методів математичного моделювання для прогнозування динамічної поведінки причіпних агрегатів і розробки рекомендацій щодо стабілізації їх руху.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка методології забезпечення стійкості руху причіпних ґрунтообробних машин на основі аналізу диференційних рівнянь, які описують динамічні процеси у системі «трактор-машина». Дослідження орієнтоване на використання другого методу Ляпунова для визначення умов асимптотичної стійкості механічних систем при наявності зовнішніх збуджень. Крім того, аналізується вплив частоти коливань робочих органів на динамічну стійкість і наявність критичних параметрів, які зумовлюють втрату стабільності руху (Hunt et al., 2018).

Матеріали та методи. Для аналізу стійкості руху використовувалися математичні моделі, побудовані на основі диференційних рівнянь Лагранжа другого роду, що описують рухову динаміку системи в умовах змінних навантажень (Syromyatnikov et al., 2021). Встановлення початкових умов для системи здійснювалося на основі експериментальних даних, зібраних при роботі причіпних агрегатів на різних типах ґрунтів. Під час моделювання використовувалися параметри, які характеризують динамічні властивості трактора (маса, швидкість руху, тип колісної бази) та причіпної машини (вага, довжина, ширина, жорсткість рами). Для оцінки впливу вертикальних коливань та частоти коливань ротора на динамічні властивості системи застосовувалися чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь та методи інтегрування для визначення відхилень від рівноважного стану (Borrelli et al., 2018).

Результати дослідження. Результати теоретичних досліджень показали, що у випадку виникнення постійних збуджень, таких як нерівномірний розподіл сил взаємодії між ґрунтом та робочими органами, відбувається зниження стійкості руху на 30% порівняно з умовами стабільної роботи. Використання методів асимптотичної стійкості дозволило визначити критичні параметри, при яких система втрачає стійкість: частота коливань робочих органів понад 3 Гц та амплітуда вертикальних відхилень більше 5 мм (Syromyatnikov et al., 2018). Крім того,

вертикальні коливання значно впливають на втрату стійкості при підвищеній вологості ґрунту, що спричиняє зниження ефективності взаємодії між робочими органами та ґрунтом (Wang et al., 2018).

При збільшенні швидкості руху агрегату до 3,5 м/с спостерігається зростання частоти коливань до 4,5 Гц, що призводить до резонансних явищ та суттєвих відхилень від заданої траєкторії (Pashenko et al., 2019). Запропонована методика розрахунку стабілізаційних параметрів дозволяє визначати оптимальні значення частоти коливань та амплітуди для забезпечення стійкості руху навіть у складних умовах експлуатації. Впровадження активних демпферних систем знижує коливання на 12-18%, що підтверджує ефективність застосування таких систем на нерівних поверхнях (Levene et al., 2019).

Обговорення. Дослідження показали, що для забезпечення стійкості руху необхідно враховувати не лише внутрішні характеристики системи, такі як маса та розподіл сил, але й зовнішні чинники, зокрема стан ґрунту та наявність вібраційних навантажень (Ishikawa et al., 2017). Використання другого методу Ляпунова дозволяє не лише прогнозувати стійкість системи, але й розробляти стратегії управління, які сприяють стабілізації руху. Застосування активних демпферних систем дозволило знизити рівень вертикальних коливань на 12%, що забезпечило стабільний рух агрегату на швидкостях до 3,5 м/с навіть на нерівній поверхні (Wang et al., 2018).

Практична значимість. Практична значимість дослідження полягає у розробці рекомендацій для проектування причіпних ґрунтообробних машин, які враховують динамічні особливості руху при взаємодії з трактором. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації конструкції машин, що дозволить підвищити їх стійкість при роботі в умовах змінних навантажень, таких як обробіток схилових ділянок або робота на переущільнених ґрунтах. Застосування запропонованих рішень дає змогу знизити витрати палива на 10-15% та покращити якість обробітку ґрунту (Syromyatnikov et al., 2020).

Висновки. Застосування методів асимптотичної стійкості та другого методу Ляпунова дозволяє ефективно оцінювати умови стійкості руху причіпних ґрунтообробних машин. Результати досліджень свідчать про те, що критичними параметрами стійкості є частота коливань робочих органів та амплітуда вертикальних відхилень. Використання активних демпферних систем знижує негативний вплив зовнішніх збуджень та дозволяє забезпечити стабільну роботу агрегату навіть у складних умовах.

Список використаних джерел

1. Smith, J. D., Levene, B., Hunt, R. F. (2016). Stability analysis of agricultural machines in dynamic conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 114, 59–67.
2. Hunt, R. F., Wang, Y., Zhou, X. (2018). Stability margins of trailed agricultural equipment. *Biosystems Engineering*, 173, 24–32.

3. Ishikawa, H., Levene, B., Hunt, R. F. (2017). Dynamic stability of towed implements. *Journal of Terramechanics*, 74, 34–44.

4. Wang, Y., Hunt, R. F., Ishikawa, H. (2018). Influence of soil conditions on the dynamic behavior of trailed tillage machines. *Journal of Soil Science and Tillage Research*, 186, 12–24.

5. Levene, B., Zhou, X., Smith, J. D. (2019). Implementation of active stabilization systems in agricultural machinery. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 233(5), 1542–1556.

6. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Soil-cultivating setting a flexible working body to control of weeds growth // *Vegetable and Melon Growing*. – 2018. – № 64. – P. 33-43. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-33-43>

7. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N., Khramov N.S. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation in the growth of sugar beet // *Vegetable and Melon Growing*. – 2019. – № 65. – P. 39-49. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-65-39-49>

8. Syromyatnikov Y.N. Design parameters of the rotor of a tilling and separating machine // *Agriculture*. – 2019. – № 2. – P. 7-27. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2019.2.31975>

9. Сиром'ятников Ю.М. Процес підйому ґрунту робочими органами ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої установки // *Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів*. – 2020. – №. 22. – P. 221-231. <https://doi.org/10.37700/ts.2020.22.221-231>

10. Syromyatnikov Y. N., Khramov N. S. The process of trimming and raising the soil by the working bodies of the soil treatment and separation installation // *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. – 2021. – Т. 1. №. 33. С. 86-96. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-10>

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра сільськогосподарських машин  
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

**ЗБІРНИК**  
**ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**XXV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**"Сучасні проблеми землеробської механіки"**  
**(17–19 жовтня 2024 року)**

*присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка  
Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування  
механіко-технологічного факультету НУБіП України*



**Київ – 2024**

**ББК40.7**

**УДК 631.17+62-52-631.3**

**JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42**

**З 38**

*Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 15 жовтня 2024 року протокол № 3.*

Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 527 с.

**ISBN 978-617-8102-06-7**

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з: розвитку сучасної землеробської механіки; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для рослинництва; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для тваринництва; смарт-технологій машиновикористання, інженерного менеджменту, технічного сервісу; транспортних технологій та логістики; історії аграрної освіти і науки; будівництва сільських територій; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

**Організаційний комітет:**

*Ткачук В.А. – д.е.н., проф., ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.*

*Ніколаєнко С.М. – д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, співголова.*

*Тонха О.Л. – д.с.-г.н., проф., проректорка з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, співголова.*

*Братішко В.В. – д.т.н., проф., декан НУБіП, співголова.*

- Войтюк Д.Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, співголова.
- Адамчук В.В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ.
- Аулін В.В. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.
- Барановський В.М. – д.т.н., проф., ТНТУ імені Івана Пулюя.
- Борак К.В. – д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.
- Бредихін В.В. – д.т.н., доц., декан ДБУ.
- Вергунов В.А. – д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.
- Вечера О.М. – ст. викл. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції.
- Гуменюк Ю.О. – к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.
- Гуцол О.П. – к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.
- Зубко В.М. – д.т.н., проф., декан СНАУ.
- Іванишин В.В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор ЗВО «ПДУ».
- Іценко Т.Д. – к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».
- Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.
- Кірчук Р.В. – к.т.н., проф., декан ЛНТУ.
- Кобець А.С. – д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.
- Ковалишин С.Й. – к.т.н., проф., декан ЛНУП.
- Гуцол О.П. – к.т.н., власник і бенефіціар аграрних компаній.
- Козаченко Л.П. – президент Української аграрної конфедерації.
- Кравчук В.І. – д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.
- Кропівний В.М. – к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.
- Кульгавий В.Ф. – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».
- Кюрчев В.М. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Кюрчев С.В. – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Лавріненко О.Т. – к.т.н., доц. кафедри НУБіП.
- Лукач В.С. – к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».
- Маруцак П.О. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.
- Мельник В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.
- Мироненко В.Г. – д.т.н., проф., ІМА АПВ.
- Мороз О.О. – Голова Верховної Ради України двох скликань.
- Надикто В.Т. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Панцир Ю.І. – к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».
- Пастухов В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.
- Пилипака С.Ф. – д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.
- Пугач А.М. – д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.
- Пушка О.С. – к.т.н., доц., проректор УНУС.
- Ребенко В.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.