



УДК 629.3.014.2.001.5

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КЕРОВАНОСТІ КОЛІСНОЇ МАШИНИ З АДАПТИВНИМ РУЛЬОВИМ КЕРУВАННЯМ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ІМІТАТОРА

Бондар А.М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (096) 9362877

**Анотація** – в статті розглянуто питання визначення показників керованості колісної машини з адаптивним рульовим керуванням. При цьому передаточне число рульового механізму змінюється в залежності від швидкості руху МТА.

**Ключові слова** – рульове керування, керованість, інтерактивний режим, машинно-тракторний агрегат (МТА), рульовий механізм, оператор, параметри руху, швидкість руху.

*Постановка проблеми.* Енергонасичені колісні трактори в даний час широко використовуються в усіх кліматичних зонах приблизно на п'ятдесяти транспортно-технологічних та сільськогосподарських операціях. Однак в умовах експлуатації усі можливості цих колісних тракторів використовуються не завжди раціонально.

Одним з головних напрямків підвищення продуктивності тракторів у сільському господарстві є максимальне використання їх тягово-потужностних властивостей. Це можливо лише при збільшенні робочих швидкостей енергетичного засобу. Однак, робота на підвищених швидкісних режимах призводить до погіршення стабільності технологічних процесів у зв'язку із збільшенням чутливості рульового керування, тому що із збільшенням швидкості МТА необхідно збільшувати і передаточне відношення рульового механізму, а із зменшенням швидкості, відповідно, зменшувати.

На сьогоднішній день відсутня така сільськогосподарська техніка, рульове керування якої повністю відповідало б цим вимогам. Тому актуальними є наукові роботи, направлені на створення рульових керувань сільськогосподарських МТА, що працюють на підвищених швидкісних режимах та забезпечують адаптивність передаточного відношення рульового механізму в залежності від швидкості його руху.

*Аналіз останніх досліджень.* Відомі спроби математичного опису поведінки людини [1, 2], однак це пов'язано з невиправданими спрощеннями



можливостей людини. Відомо, що в сучасній складній техніці використовуються комп'ютерні моделюючі комплекси та імітатори [3]. З одного боку вони використовуються для тренування моторних навичок оператора, з іншого боку – широко використовуються для отримання оптимальних експлуатаційних показників та загальної оцінки можливостей нових типів систем керування [4].

Такий підхід дозволяє отримати достовірні оцінки керованості складних систем управління, синтезувати таку систему керування, яка відповідає можливостям людини оператора та забезпечує високі показники керованості. Також можливо дослідити нетрадиційні рульові керування без виготовлення їх складних конструктивних моделей.

*Формулювання цілей статті:*

– дослідити математичну модель руху МТА у повздовжній площині за допомогою комп'ютерного імітатора, що забезпечуватиме можливість одночасного введення даних, виконання віртуального заїзду та обробку отриманих результатів;

– оцінити вплив добротності процесу керування МТА на його якісні показники роботи;

*Основна частина.*

Дослідження на комп'ютерному імітаторі складається з кількох етапів:

– визначення типу рульового керування його параметрів та параметрів режиму руху МТА;

– проведення експериментального заїзду в умовах інтерактивного обміну інформації між комп'ютером і оператором. При цьому фіксуються динаміка зміни керуючих впливів та показників якості керування;

– обробка результатів інтерактивного експерименту математичними методами – дисперсійний та спектральний аналіз та отримання кількісних показників керованості – добротність.

Розроблене програмне забезпечення (рис. 1–4) дає можливість безперервно проводити всі три етапи дослідження.

Робота програми починається з налагодження імітатора (рис. 1):

– визначається тип моделі рульового керування;

– параметри машини та режими руху;

– встановлюється співвідношення між реальним та віртуальним кермом шляхом визначення чутливості механічного маніпулятора;

– записування файлів експериментальних даних.

**Встановлення початкових даних.** Послідовність встановлення початкових даних особливого значення не має, але необхідно більш детально зупинитись на значенні кожного елемента. Як можна побачити з початкового діалогового вікна програми (див.рис. 1) для початку роботи імітатора необхідно вибрати наступні характеристики експерименту.

**Тип експерименту (А).** Дозволяється вибір «Постійного рівномірного прискорення», за яким швидкість безперервно починає збільшуватись до виходу МТА за межі дороги. Після цього експеримент припиняється. Вихідними даними є початкова швидкість 1 (м/с) та прискорення 1 (м/с<sup>2</sup>) тобто, модель починає рух від встановленої швидкості з зазначеним прискоренням.

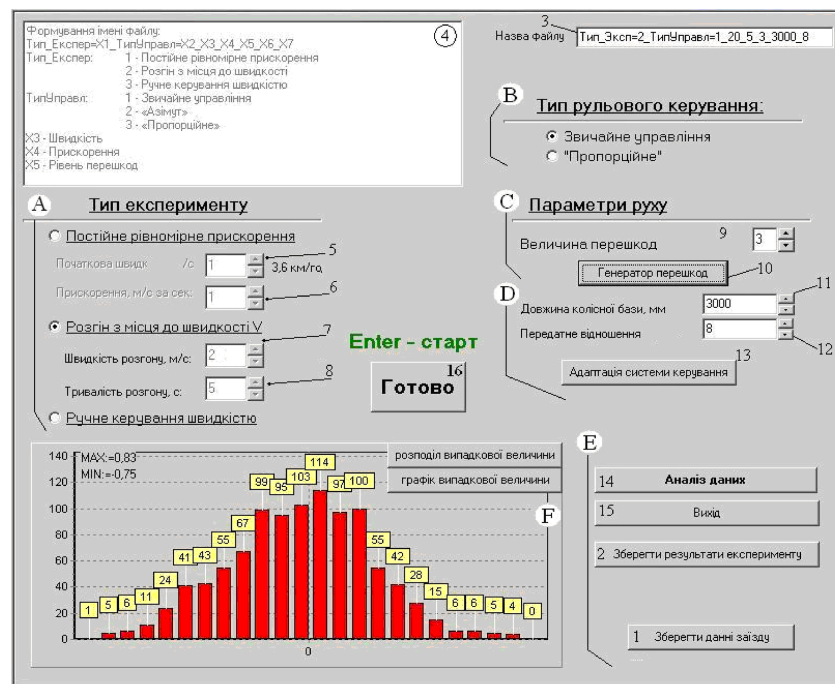


Рис. 1. Початкове діалогове вікно імітатора.

Експеримент «Розгін з місця до визначеної швидкості», яка відноситься до вхідних даних 7 (див. рис. 1), використовують, коли необхідно визначити керуваність МТА при різних типах рульового керування та при різних параметрах руху. З метою поступового розгону прийнятий вхідний параметр «тривалість розгону» 8 (див. рис. 1).

Тип експерименту «Ручне керування швидкістю» необхідний для початкового ознайомлення користувача з можливостями програми при різних типах рульового керування та параметрів руху.

**Тип рульового керування (В).** Встановлюється відповідний тип рульового керування.

**Параметри руху (D).** «Величина перешкод» 9 (див. рис. 1) оцінюється в балах та, відповідно до свого значення, після натискання на кнопку «Генератор перешкод» 10 (див. рис. 1) буде отриманий масив випадкових збурень, який можна побачити в графічному вигляді та оцінити їх максимальну та мінімальну величину в полі F. Даний параметр необхідний для визначення стійкості керування при перешкодах різного рівня.

**Введення вхідних даних (С).** «Довжина колісної бази» 11 повного пояснення не потребує – величина зрозуміла.

«Передаточне число рульового механізму» 12 – на скільки необхідно повернути кермо, щоб кут повороту коліс склав  $1^\circ$ .

Більш повного роз'яснення потребує «Адаптація системи керування» 13 (рис. 2), котре необхідне у випадку, коли на комп'ютері налаштована велика чутливість миші, а користувач бажає її змінити, при цьому, не змінюючи чутливість ручного маніпулятора безпосередньо в операційній системі.

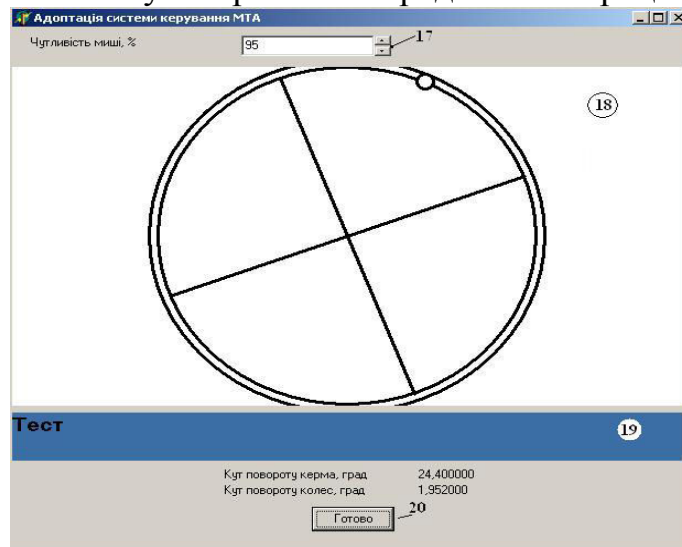


Рис. 2. Діалогове вікно меню «Адаптація системи керування».

Адаптація системи керування виконується в полі «Чутливість миші» 17, де вказана величина у відсотках до системної чутливості ручного маніпулятора. Щоб оцінити зміну вищезазначеного параметра, необхідно провести курсором миші по кольоровій смужці з назвою «Тест» 19, При цьому, відповідно до «Передаточного відношення» 12 (рис. 2) буде відображатись кут повороту керма 18 та коліс. При досягненні бажаної чутливості натиснути на кнопку «Готово» 20.

Після встановлення бажаних параметрів, величина яких знайде своє відображення в імені файлу 3 (розшифровка імені файлу показана в лівому верхньому куті головного вікна програми 4 (рис. 1), користувач натискає кнопку «Готово» 16, і переходить до виконання експерименту (рис. 3)



Рис. 3. Виконання експерименту.

Якість керування оцінюється за здатністю моделі МТА утримуватись вздовж базової лінії 25.

На діалоговому вікні представлена допоміжна інформація: поточна швидкість 21, кут повороту коліс 22, ім'я файлу 3, кількість експериментальних точок 23 та перелік можливостей для дострокового виходу із програми 24.

Після завершення активної фази експерименту, що може статися у двох випадках (користувач сам припинив роботу або модель МТА вийшла за визначені обмеження) користувач повертається до головного діалогового вікна (рисунок 1), де йому пропонується зберегти експериментальні дані (Е).

При натисканні на кнопку «Зберегти результати експерименту» 2 з'явиться стандартне діалогове вікно Windows для збереження файлу, у якому пропонується ім'я файлу з розширенням \*.mta.

При натисканні на кнопку «Зберегти результати заїзду» 1 дані зберігаються до текстового файлу з розширенням \*.txt.

При натисканні на кнопку «Аналіз даних» 14 користувач переходить до відповідного діалогового вікна (рис. 4).

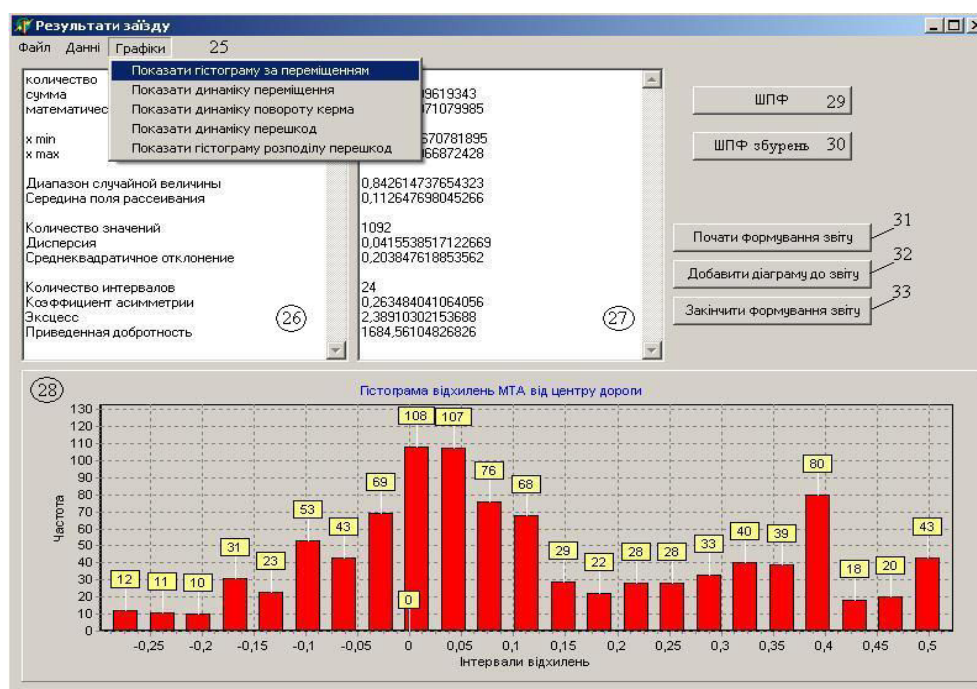


Рис. 4. Діалогове вікно «Результати заїзду» для формування звіту експерименту та аналізу експериментальних даних за допомогою наявних у програмі функцій.

Починається обробка експериментальних даних з відкриття файлу: у верхньому меню 25 вибрати **Файл**→**Відкрити**. З'являється стандартне діалогове вікно Windows для пошуку необхідного файлу. При виборі файлу він завантажується в пам'ять ЕОМ.

Для відображення форми розподілу експериментальних даних необхідно у верхньому меню 25 «Графіки» згорнути пункт «Показати гістограму за переміщенням». У даному випадку у відповідних текстових полях 26 та 27 з'явиться інформація відносно характеристик експериментальних даних, також у полі 28 автоматично буде побудований відповідний графік, котрий обрано у верхньому меню «Графіки».

Формування звіту виконується таким чином:

- отримати характеристики експериментальних даних, за приведеним вище алгоритмом;
- «Почати формування звіту» 31;
- при необхідності вставити у звіт певну діаграму – натиснути «Добавити діаграму до звіту» 32;
- За необхідністю, продовжити вибір діаграм з верхнього меню «Графіки»;
- формування звіту закінчено – натиснути «Закінчити формування звіту» 33.
- якщо виконано все вірно, то з'явиться повідомлення про місце



розташування та ім'я файлу.

При необхідності складання ще одного звіту необхідно перейменувати попередній. У протилежному випадку новий звіт замінить старий, без можливості повернення.

#### *Висновки.*

1. Адаптивне рульове керування забезпечує змінення передаточного відношення рульового механізму в межах 2...19, залежно від швидкості руху МТА при виконанні технологічних операцій.

2. Комп'ютерний імітатор дає змогу оцінити якісні показники процесу керування. Такі, як добротність та середньоквадратичне відхилення МТА від заданої траєкторії руху.

3. За рахунок вбудованих у імітатор прикладних програм можливо одночасно проводити всі три етапи експерименту: введення даних, виконання віртуального заїзду, розрахунок результатів.

#### *Література.*

1. *Бондар А. М.* Про необхідність застосування рульових керувань із змінним передаточним числом / *А. М. Бондар, А. М. Петренко* // Матеріали науково-технічної конференції магістрів та студентів факультету МСГ ТДАТА. - Мелітополь, 2005.- Вип. 4. - С. 51 - 53.

2. *Петров В.О.* Синтез ергономічних рульових управлінь для мобільних машин// *Праці таврійської державної агротехнічної академії*, Вип. 1.- т. 17- Мелітополь: ТДАТА, 2000.- с. 60-64

3. Пат. на твір №48695, Україна. Симулятор руху машинно-тракторного агрегату (МТА): комп'ютерна програма / *А. М. Бондар, А. В. Петров*; ТДАТУ – К.: Державна служба інтел. власності України. – 2013.10.04.

4. *Петров В. А.* Улучшение управляемости сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов: дис. канд. техн. наук / *В. А. Петров.*- М: [б.и.], 1989.- 178 с.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРАВЛЯЕМОСТИ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ С АДАПТИВНЫМ РУЛЕВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО ИМИТАТОРА**

А.Н. Бондарь

#### **Аннотация**

**В статье рассмотрен вопрос определения показателей управляемости колесной машины с адаптивным рулевым управлением. При этом передаточное число рулевого механизма изменяется в зависимости от скорости движения МТА.**



**DEFINITION OF INDICATORS OF CONTROLLABILITY OF THE  
WHEEL CAR WITH THE ADAPTIVE STEERING BY MEANS OF THE  
COMPUTER SIMULATOR**

A. Bondar

*Summary*

**In article the question of definition of indicators of controllability of the wheel car with an adaptive steering is considered. Thus the transfer number of the steering mechanism changes depending on speed of movement  $MTA$ .**