

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА ХТЗ-170 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОНАЧІПНОЮ СИСТЕМОЮ**

**Макаренко М.Г., доц., Горобець О.К., маг.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

**Макаренко О.М., менеджер**

*Ukrfarming*

*Наводяться результати досліджень зміни буксування коліс трактора залежно від опору плуга та пропонується мехатронна система адаптивного керування гідравлічною системою, що забезпечує підвищення продуктивності, зменшення буксування та витрати палива.*

**Вступ.** на сучасних тракторах широко застосовують універсальні системи автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту, які не тільки підтримують задану глибину, але також полегшують керування начіпними машинами, підвищують продуктивність і економічність машинно-тракторного агрегату за рахунок поліпшення тягово-зчіпних властивостей тракторів, зниження тягових опорів знарядь і зменшення динамічних навантажень. Використання мехатронних систем автоматичного регулювання, які органічно поєднують гідравлічні системи та електроніку з програмним забезпеченням дають можливість реалізувати логічні операції оптимального керування шляхом перетворення сигналів від малопотужних елементів до агрегатів високої потужності з обробленням їх в мікропроцесорних блоках інтелектуального керування. Це забезпечує простоту керування, зменшення питомої витрати палива та підвищення продуктивності робіт.

Розв'язок проблем, що виникають при цьому, сприяє процесу удосконалення як самого трактора, так і сільськогосподарських машин у складі машинно-тракторного агрегату (МТА).

**Аналіз основних публікацій, досліджень.** Проведене д.т.н. Г.М. Кутьковим прогнозування розвитку енергетичних засобів с.-г. виробництва показало, що в процесі своєї еволюції кожне з них повинно пройти три основні етапи [1].

На першому етапі розвиток конструкції трактора відбувається відповідно до тягової концепції. Параметрична основа цієї концепції полягає в узгодженні потужності двигуна і маси енергетичного засобу таким чином, щоб перша могла бути цілком реалізована через тягове зусилля трактора, який в даному випадку є мобільним тяговим засобом.

Згідно концептуальних положень, викладених у [1, 2, 3], підвищення потужності двигуна неодмінно супроводжується відповідним збільшенням його експлуатаційної маси. Але енергонасиченість тягового засобу варіює при цьому

мало й в основному є величиною постійною.

Енергонасиченість колісних тракторів, тяговий клас яких представлений середнім значенням даної величини, знаходиться на рівні приблизно 14,8 кВт/т. У гусеничних машин цей показник на 27% менший.

Сучасний етап розвитку енергетичних засобів характеризується завершенням тягової і зародженням нової, тягово-енергетичної концепції, відповідно до якої трактор є вже тягово-енергетичним засобом. Збільшення потужності двигуна останнього не супроводжується при цьому відповідною зміною його експлуатаційної маси.

Розвиток конструкції трактора в остаточній фазі другої логісти буде відрізнятися, як відзначається в прогнозі [1], істотною перевагою енергетичних функцій. В результаті потужність двигуна тягово-енергетичного засобу навіть при повному його баластуванні не може бути цілком реалізована через тягове зусилля.

Третій етап розвитку мобільної енергетики передбачає поступове перетворення тягово-енергетичних засобів у стаціонарні.

На сучасному етапі розвитку суспільства задоволення даних вимог у рамках старої тягової концепції побудови енергетичних засобів неможливе. Так, подальше зростання продуктивності МТА на основі тягового напрямку за рахунок збільшення швидкості руху практично вичерпаний [5].

Крім того, для більшості сучасних сільськогосподарських машин перехід на робочі швидкості вище 10 км/год., недоцільний у першу чергу з енергетичної точки зору [6, 7]. Цей висновок, цілком ймовірно, залишиться справедливим і на перспективу, тому що в найближчому майбутньому не вимальовується реальна можливість заміни старих робочих органів сільськогосподарських знарядь принципово новими.

Підвищення продуктивності праці за рахунок застосування широкозахватних МТА на базі енергозасобів також досяг своєї межі [7, 8]. Стримуючими факторами тут є: транспортні габарити агрегатів; час переналагодження МТА з транспортного положення в робоче і навпаки; ущільнюючий вплив ходових систем важких тракторів на структуру ґрунту і врожайність оброблюваних культур.

**Мета і постановка завдання.** Одним із актуальних завдань землеробства в сучасних умовах є економія енергоресурсів та підвищення продуктивності робіт шляхом оптимального завантаження двигуна та узгодження його потужності з опором с. г знарядь при мінімально можливому буксуванні ведучих коліс трактора.

**Вирішення задачі.** Між тяговим зусиллям трактора і його масою склалася цілком певні співвідношення, порушення яких приводить або до зайвої маси трактора при обмежених можливостях двигуна, або до значного недовикористання потужності двигуна при недостатній масі трактора.

Теоретичні методи визначення коефіцієнта буксування передбачають використання математичних моделей процесів взаємодії рушіїв з ґрунтом.

Через складність процесів взаємодії рушіїв із ґрунтом формули для розрахунку  $\delta$  виходять громіздкими, з великою кількістю величин, визначення

деяких з них пов'язане із значними труднощами. Тому при оцінці тягово-зчіпних властивостей користуються емпіричними даними.

За результатами розрахунків або на основі емпіричних залежностей будуємо криву коефіцієнта буксування  $\delta$  (рис. 1).

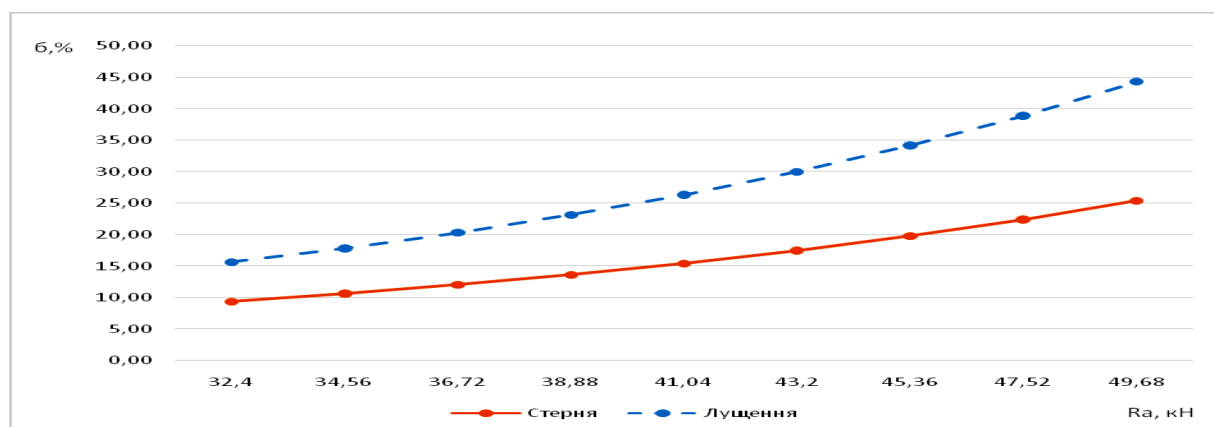


Рис. 1 – Залежність буксування ведучих коліс трактора від тягового опору при різних агрофонах

При буксуванні рушіїв відбуваються втрати потужності, падіння продуктивності та перевитрата палива, руйнування структури ґрунту та зниження його родючості. У зв'язку з цим на значення коефіцієнта буксування накладаються певні обмеження. Так за вимогами агротехніки буксування тракторів при номінальному тяговому зусиллі не повинне перевищувати 15% для колісних тракторів і 5% гусеничних.

Після визначення коефіцієнта буксування обчислюємо втрати потужності на буксування за формулою:

$$N\delta = \delta N_K, \quad (1)$$

де  $N_K$  - потужність, що відводиться до ведучих коліс. ( $N_K=39,8$ ).

Таблиця 1 – Розрахунок втрат потужності на буксування залежно від коефіцієнта буксування рушіїв трактора

Втрати потужності на буксування (по стерні)	Втрати потужності на буксування (після лушення)	Коефіцієнт буксування (по стерні)	Коефіцієнт буксування (після лушення)	Потужність на ведучих колесах
$N\delta$ , кН	$N\delta$ , кН	$\delta$ , %	$\delta$ , %	$N_K$ , кН
8,98	9,84	10,46	11,46	39,8
10,23	11,09	11,91	12,91	
11,65	12,51	13,56	14,56	
13,26	14,12	15,44	16,44	
15,10	15,96	17,58	18,58	
17,19	18,05	20,01	21,01	
19,57	20,43	22,78	23,78	
22,28	23,14	25,94	26,94	
25,37	26,23	29,54	30,54	

За даними розрахунками будемо графік втрат потужності при буксуванні (рис. 2) та фактичної швидкості агрегату від буксування рушіїв (рис. 3).

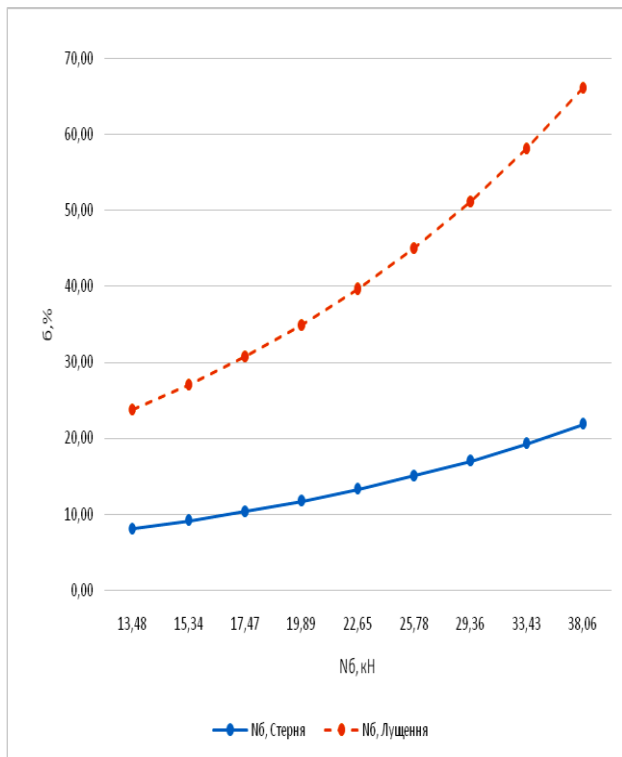


Рис. 2 – Залежність втрат потужності при буксуванні рушіїв

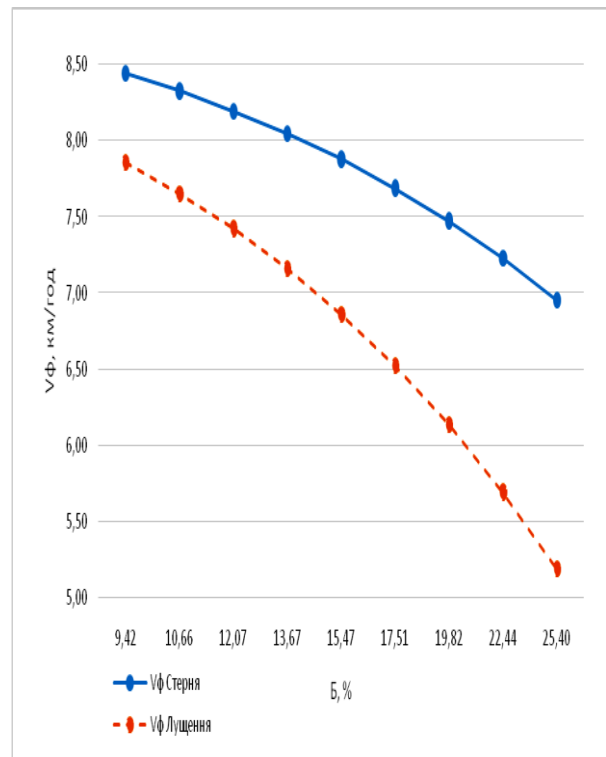


Рис. 3 – Залежність фактичної швидкості від буксування рушіїв

До теперішнього часу трактори розвивалися у напрямі підвищення експлуатаційно-технологічних показників за рахунок підвищення потужності і маси, технічного рівня і, частково, універсальності, досягнувши високих техніко-економічних показників. В основу були покладені закономірності, розроблені В.П. Горячкиним, по взаємодії енергетичних співвідношень зі швидкістю руху трактора і робочої машини:

$$75N = P_v = P_{\max} \left[ 1 - \left( \frac{V}{V_{\max}} \right)^m \right] V \quad (2)$$

Для реалізації проблеми забезпечення оптимального співвідношення тягового опору плуга, буксування рушіїв та завантаження двигуна доцільно використати мехатронну систему керування гідравлічною системою трактора. Її застосування забезпечить реалізацію не тільки традиційної схеми регулювання начіпного пристрою, але також розширить можливості застосування систем, що підтримують оптимальні параметри буксування ведучих коліс трактора та завантаження двигуна. До переваги системи відноситься також простота керування, надійність та свобода вибору в розташуванні її елементів в залежності від марки та компоновальної схеми трактора (рис. 4).

Індуктивний датчик мехатронної системи керування, встановлений на тракторі, визначає кутову швидкість ведучих коліс та порівнює її з швидкістю

руху агрегату, яку визначає радарний датчик. Контролер мехатронної системи на основі отриманих даних у відповідності до закладеної в ньому програми розраховує реальний коефіцієнт буксування. Якщо він перевищує допустиму норму то контролер надсилає сигнал на розподільник який подає рідину в порожнину гідравлічного циліндра управління шириною захвату плуга. Ширина захвату плуга змінюється за рахунок переміщення корпусів відносно першого корпусу. Просторове розміщення агрегатів мехатронної системи керування гідроначипною системою трактора показано на рис. 4.

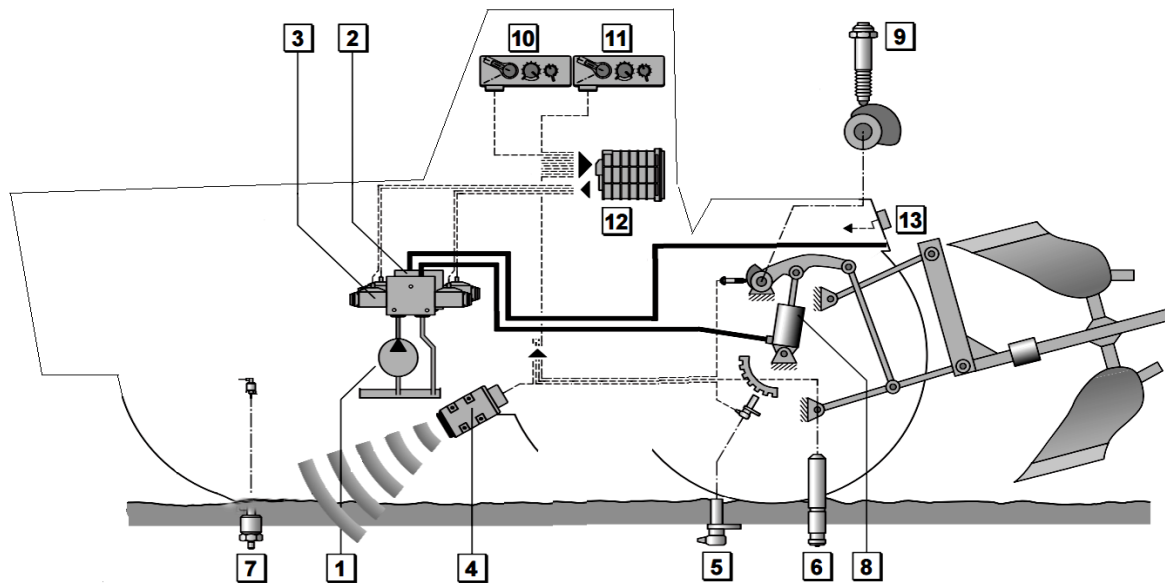


Рис. 4 - Схема розміщення агрегатів мехатронної системи керування гідроначипною системою трактора:

1 – гідравлічний насос; 2,3 – гідророзподільники; 4 – радарний датчик швидкості руху трактора; 5 – датчик швидкості руху; 6 – датчик навантаження; 7 – датчик тиску на передню вісь; 8 – гідроциліндр; 9 – датчик положення навісної системи; 10,11 – панель управління; 12 – електронний блок управління

Головним елементом керування мехатронної системи є контролер, який складається з процесора, ОЗП, ПЗП і аналого-цифрового перетворювача.

Процесор виконує функцію обробки даних по заданій програмі шляхом виконання арифметичних і логічних операцій. Він взаємодіє з контролером двигуна та з пристроями, що сприймають інформацію від фізичних величин, перетворюючи її в електричні сигнали та від органів керування, що задають відповідні режими роботи. Аналізуючи отриману інформацію електронний блок керування подає сигнал на виконуючі органи. Керування системою здійснюється за допомогою панелі керування, а вся необхідна інформація відображається на дисплеї. Передача інформації здійснюється за допомогою шини даних.

Результати досліджень залежності продуктивності орного агрегату та буксування ведучих коліс трактора в залежності від ширини захвату корпусу плуга представлені на рис. 5.

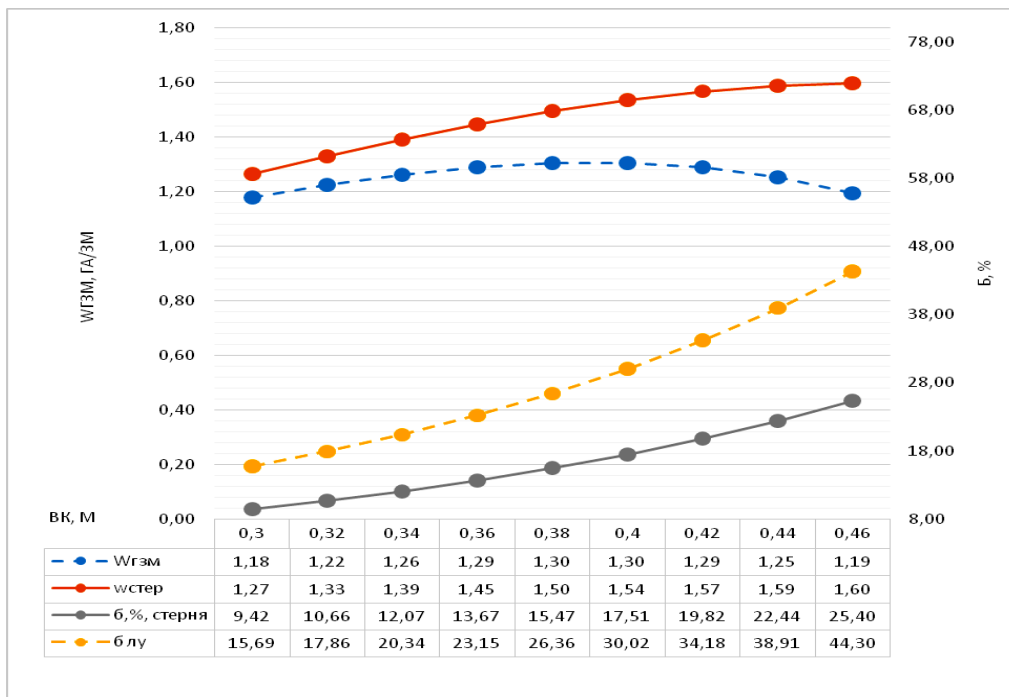


Рис. 5 – Продуктивність орного агрегату та буксування ведучих коліс трактора в залежності від ширини захвату корпусів плуга

Алгоритм прийняття рішення електронним блоком керування про коректування ширини захвату плуга представлений на рис. 6.

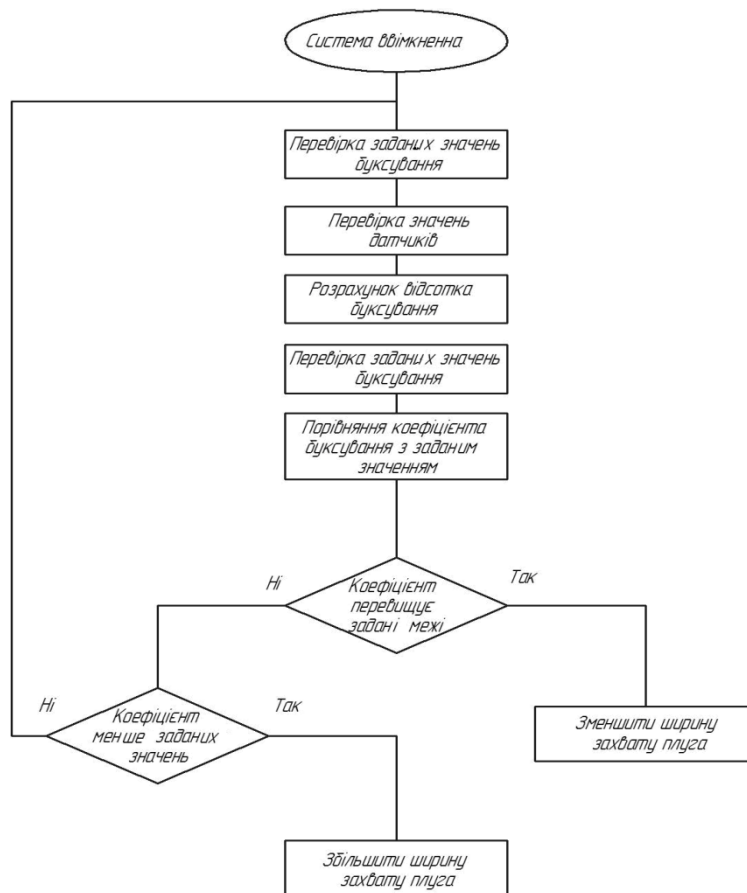


Рис. 6 – Алгоритм прийняття рішення електронним блоком керування про коректування ширини захвату плуга

**Висновки.** За результатами досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Для реалізації проблеми забезпечення оптимального співвідношення тягового опору плуга, буксування рушіїв та завантаження двигуна трактора доцільно використати махатронну систему керування гідравлічною системою, що забезпечує реалізацію логічних операцій оптимального керування.

2. Застосування елементів махатронної адаптивної системи керування гідроначійною системою забезпечує реалізацію не тільки традиційної схеми регулювання начіпного пристрою, але також розширює можливості застосування систем, що підтримують оптимальні параметри буксування ведучих коліс трактора та завантаження двигуна. Це забезпечує простоту керування, зменшення питомої витрати палива та підвищення продуктивності робіт.

3. Перевагами системи є також простота інтелектуального керування, надійність та свобода вибору в розташуванні її елементів в залежності від марки та компоувальної схеми трактора.

### **Список використаних джерел**

1. Ксєневич И.П., Кутьков Г.М. Технологические основы и техническая концепция трактора второго поколения // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1982, №2.
2. Кутьков Г.М., Ксєневич И.П. Блочно-модульные МТА //Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1990, №1.
3. Кутьков Г.М. Технологические основы и тяговая динамика мобильных энергетических средств: Учебное пособие // Минсельхозпрод России; Гл. упр. высш. учебн. завед.; МИИСП им В.П.Горячкина.-М., 1992.-154 с.
4. Ксєневич И.П. Выбор концепции создания энергетических средств и модульное их конструирование // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1991, №2.
5. Погорелый Л.В. Сельскохозяйственная техника и технологии будущего. – К.: Урожай, 1988.-176 с.
6. Юдкин В.В. Оптимизация скорости движения и ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов//Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1988, N4.
7. Панов И.М. Современное состояние и пути развития техники для новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Итоги науки и техники ВИНТИ; Серия "Тракторы и с.-х. машины и орудия", 1990, №5.
8. Колчин С.Н. К вопросу о модульном построении широкозахватных сельскохозяйственных агрегатов // Агрегатирование с.-х. техники. – Труды ВИСХОМ. М.,1989.
9. Хвостов В.А., Селиванов СЕ. Модульное построение машин для фермерских хозяйств // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1990, №10.

## **Аннотация**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРА ХТЗ-170 ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОНАВЕСНОЙ СИСТЕМОЙ**

Макаренко Н.Г., Горобец А.К., Макаренко А.Н.

*Приводятся результаты исследований изменения буксования колес трактора в зависимости от сопротивления плуга и предлагается мехатронная система адаптивного управления гидравлической системой, которая обеспечивает повышение производительности, уменьшение буксования и расхода топлива.*

## **Abstract**

### **IMPROVING OPERATIONAL PERFORMANCE TRACTOR XT3-170 APPLICATION MECHATRONIC SYSTEM ADAPT-GOVERNANCE MOUNTED HYDRAULIC SYSTEM**

N. Makarenko, A.Gorobez, A. Makarenko

*The results of studies of changes in slipping wheel truck-torus, depending on the resistance of the plow and offers a mechatronic system adaptive control of the hydraulic system, which vides been ensured increased productivity, reducing slippage and fuel consumption.*