

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Мехатронні системи та транспортні  
технології

проф. \_\_\_\_\_ Анатолій ПАНЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»  
(ступінь вищої освіти)

на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ  
КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ТЯГОВОГО КЛАСУ 5,0  
З ГІДРООБ'ЄМНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ  
ПРИ РОБОТІ НА РІЗНИХ АГРОФОНАХ**

***31МСД.025.000000ПЗ***

Виконав: здобувач ВО 2 курсу 22 МБ АІ групи

Спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПІ Агроінженерія

(цифр і назва спеціальності та ОПІ)

\_\_\_\_\_ Максим БУБНОВ

Керівник професор

Консультант професор

Нормоконтроль ст. викл.

Рецензент

Мелітополь – 2021 рік

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаної літератури. Робота викладена на 85 сторінках машинописного тексту, містить 23 рисунка, 13 таблиць та бібліографію, що включає 21 найменування.

Робота присвячена дослідженням тягово-енергетичних показників колісних тракторів тягового класу 5,0 з гідروоб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.

В роботі проведено тяговий розрахунок колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією при прямолінійному поступальному русі на різних агрофонах, розраховано, побудовано та проаналізовано теоретичні тягові характеристики трактора при роботі на різних агрофонах.

При проведенні тягового розрахунку трактора з гідрооб'ємною трансмісією визначено вагу трактора і потужність двигуна, розрахована і побудована регуляторна характеристика двигуна та визначено тягові зусилля при прямолінійному поступальному русі колісного трактора на різноманітних ґрунтах. При проведенні тягового розрахунку трактора з гідрооб'ємною трансмісією вибрано гідромашини та визначено їх параметри: потужність насосів, їх кількість та сумарний робочий об'єм гідромоторів та їх кількість при різних режимах роботи.

По закінченню тягового розрахунку трактора тягового класу 5,0 розраховано і побудовано його теоретичну тягову характеристику при різних сталих режимах роботи на різних агрофонах та зроблено аналіз тягово-енергетичних показників.

Багато уваги в роботі приділено охороні праці та довкілля. Закінчується робота розробкою карти контролю по показниках безпеки колісного трактора К-700 тягового класу 5,0.

**Ключові слова:** трактор, гідрооб'ємна трансмісія, агрофон, теоретична тягова характеристика, тягово-енергетичні показники, охорона праці.

## ВСТУП

Трактори є основними енергетичними засобами виконання технологічних операцій у різних галузях виробництва. Вони широко використовуються у сільському господарстві, зокрема, у землеробстві і тваринництві.

Сучасні тракторні трансмісії в першу чергу класифікуються за способом зміни їх передаточних чисел: безступінчасті, ступінчасті та комбіновані.

Ступінчасті трансмісії мають певні значення передаточних чисел у межах яких робота трактора досить продуктивна і економічна. Безступінчасті трансмісії дозволяють мати будь-яке значення передаточних чисел у заданому інтервалі, за рахунок чого робота трактора буде найбільш продуктивною і економічною. Комбіновані трансмісії – це сполучення безступінчастих і ступінчастих трансмісій [7, 14, 15].

За способом перетворення крутного моменту трансмісії бувають механічні, гідравлічні, електричні та комбіновані.

Аналіз використання різноманітних типів трансмісій показав, що на сьогоднішній день гідрооб'ємні трансмісії знайшли застосування на малогабаритних садово-городніх тракторах, тракторах для комунального господарства, для різних видів будівельних робіт, на транспортних засобах високої прохідності – колісних та гусеничних; сільськогосподарських тракторах; самохідних шасі багатоцільового призначення, що агрегатуються з різними самохідними збиральними машинами [14, 15].

Перспективним напрямком варто визнати застосування гідрооб'ємних трансмісій, які дозволяють забезпечити безступінчасте регулювання швидкості трактора в сполученні з високими значеннями ККД.

Вивчення стану питання показує, що одним зі шляхів підвищення експлуатаційної ефективності трактора є використання гідрооб'ємних передач.

У цьому зв'язку **об'єктом дослідження** у виконуваний роботі є процеси, що відбуваються при роботі колісного трактора тягового класу 5,0 з

гідрооб'ємною трансмісією, при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну його тягово-енергетичних показників.

**Метою досліджень** даної роботи є дослідження зміни тягово-енергетичних показників колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією, при роботі на різних агрофонах.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Зробити тяговий розрахунок колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.
2. Зробити розрахунок і побудувати теоретичні тягові характеристики колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.
3. Зробити аналіз теоретичних тягових характеристик колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.
4. Розробити карту контролю колісного трактора тягового класу 5,0 по показниках безпеки.

## **РОЗДІЛ 1.**

### **СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **1.1. Класифікація трансмісій, вимоги до них та перспективи застосування**

Трансмісія в цілому являє собою комплекс пристроїв для передачі та перетворення енергії від її джерела до споживача (або споживачам) у зручному для них вигляді [14].

Сучасні тракторні трансмісії в першу чергу класифікуються за способом зміни їх передаточних чисел: безступінчасті, ступінчасті та комбіновані.

Ступінчасті трансмісії мають певні значення передаточних чисел у межах яких робота трактора досить продуктивна і економічна [7, 14, 15].

Безступінчасті трансмісії дозволяють мати будь-яке значення передаточних чисел у заданому інтервалі, за рахунок чого робота трактора буде найбільш продуктивною і економічною [7, 14, 15].

Комбіновані трансмісії – це сполучення безступінчастих і ступінчастих трансмісій [7, 14, 15].

За способом перетворення крутного моменту трансмісії бувають механічні, гідравлічні, електричні та комбіновані.

За способом перетворення крутного моменту безступінчасті трансмісії поділяються на механічні (фрикційно-тороїдні, клиноремінні та інерційні), гідравлічні (гідрооб'ємні і гідродинамічні) та електричні (електромеханічні).

За способом перетворення крутного моменту ступінчаста трансмісія буває механічною.

На більшості сільськогосподарських тракторів застосовують ступінчасті (механічні) трансмісії. Недоліком механічних трансмісій є ступінчасте регулювання ведучих моментів, що приводить до неефективного використання потужності двигуна.

Гідромеханічні трансмісії найбільше застосування знаходять у колісних та гусеничних промислових тракторах, де в коробці передач застосовують звичайно 2...4 передачі.

У гідродинамічних трансмісіях на відміну від механічних немає жорстких зв'язків між джерелом енергії та її споживачем. Для збільшення діапазонів безступінчастого регулювання передаточних чисел трансмісії іноді об'єднують гідродинамічні та механічні передачі, з'єднуючи їх послідовно або паралельно.

Гідрооб'ємні передачі засновані на принципі передачі енергії тиском рідини. При цьому робоче зусилля або крутний момент практично не залежать від швидкості руху робочої рідини.

У гідрооб'ємних трансмісіях повинні бути дві основні гідравлічні машини [14, 15], сполучені між собою трубопроводами: об'ємний гідронасос, що перетворює крутний механічний потік енергії в поступальний силовий гідравлічний потік енергії, та гідромотор, що перетворить гідравлічний потік енергії зворотно у крутний механічний потік енергії (крутний момент). Переваги гідрооб'ємних передач проявляються тільки при наявності системи їх автоматичного регулювання. При цьому застосування гідрооб'ємних передач у приводі до ведучих коліс трактора стримується їх більш низьким ККД (не більше 0,75...0,85) у порівнянні з механічними передачами.

Електрична трансмісія є безступінчастою, в ній крутний момент двигуна передається до ведучих коліс трактора за допомогою електричної енергії. По характеру роботи вона нагадує гідрооб'ємну трансмісію – механічна енергія двигуна перетворюється в електричну енергію, а потім навпаки, електрична енергія перетворюється в механічну, яка підводиться до ведучих коліс. Електричні трансмісії доцільно використовувати на тракторах великої потужності (більш 650 кВт).

Незалежно від класифікації трансмісій до них з боку експлуатації та виготовлення висуваються певні вимоги [15]:

- забезпечення надійного зв'язку з двигуном та від'єднання від двигуна, залежно від умов експлуатації;

- можливість зміни передаточного числа залежно від зміни тягового опору руху трактора (його завантаженню);
- можливість зміни напрямку обертання ведучих коліс при незмінному напрямку обертання валу двигуна, для отримання заднього ходу;
- забезпечення співвідношення частот обертання лівого та правого ведучих коліс при русі на повороті трактора;
- забезпечення відбору потужності двигуна на привод додаткових робочих органів сільськогосподарських машин та знарядь під час руху машино-тракторного агрегату;
- забезпечення відбору потужності двигуна на обслуговування гідравлічних систем трактора.

Аналіз використання різноманітних типів трансмісій показав, що на сьогоднішній день гідрооб'ємні трансмісії знайшли застосування на малогабаритних садово-городних тракторах, тракторах для комунального господарства, для різних видів будівельних робіт, на транспортних засобах високої прохідності – колісних та гусеничних; сільськогосподарських тракторах; самохідних шасі багатоцільового призначення, що агрегатуються з різними самохідними збиральними машинами [9, 10, 14, 15].

Перспективним напрямком варто визнати застосування гідрооб'ємних трансмісій, які дозволяють забезпечити безступінчасте регулювання швидкості трактора в сполученні з високими значеннями ККД.

## **1.2. Аналіз тракторів тягового класу 5,0**

До тракторів тягового класу 5,0 належать гусеничний трактор ХТЗ-220, що виготовляється на Харківському тракторному заводі та колісні трактори К-700А, К-701, К-701М, К-734, К-744 Кіровського тракторного заводу (м. С.-Петербург), які призначені для виконання оранки, культивуації, лущення стерні, посіву на великих площах і для транспортування вантажів. Також до тракторів тягового класу 5,0 належать сільськогосподарські трактори загального

призначення Коваль 5300 і 5350 (рис. 1.1) та Беларус 2522ДВ і 3022ДВ (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Трактор Коваль 5300



Рис. 1.2. Трактор Беларус 2522ДВ

Сільськогосподарські колісні трактори Коваль 5300 і 5350 [9, 19] (рис. 1.1) загального призначення тягового класу 5 призначені для виконання основних сільськогосподарських робіт: оранки, культивації, боронування, посіву та транспортних робіт.

Трактори Коваль - це висока продуктивність, економічність, надійність, сучасний дизайн, комфорт і зручність обслуговування, ефективна та надійна гідравліка.

Трактори Білорус 2522ДВ, Білорус 3022ДВ [9, 17] (рис. 1.2) загального призначення тягового класу 5 призначені для оранки, глибокого розпушування та культивації, передпосівної обробки ґрунту, посіву зернових і інших культур у складі широкозахватних і комбінованих агрегатів, виконання просапних робіт у широких міжряддях, виконання збиральних робіт у складі високопродуктивних збиральних комплексів по заготівлі кормів, збирання коренеплодів, зернових і технічних культур.

Сільськогосподарський енергонасичений колісний трактор Беларус-3022ДВ із дизелем S40E 8.7LTA (Detroit Diesel Corporation) потужністю 300к.с., сертифікований по II-му ступеню Директиви 2000/25/ЄС, тягового класу 5,0 з колісною формулою 4к4 призначений для виконання різних

сільськогосподарських робіт з навісними, напівнавісними та причіпними машинами і знаряддями, на транспорті, з вантажно-розвантажувальними засобами, збиральними комплексами, а також для привода стаціонарних сільськогосподарських машин. Трактори Беларус-3022ДВ [9, 17] застосовуються для тривалої роботи в режимі реверса та відрізняються наявністю реверсивного поста керування, що містить у собі додаткову кермову колонку, дубльоване керування зчепленням, гальмами, подачею палива, а також спеціальне поворотне сидіння для роботи, як на прямому ході, так і на реверсі. Використовується на оранці на підвищених швидкостях, глибокому розпушуванні і культивації, передпосівній обробці ґрунту, посіві зернових і інших культур у складі широкозахватних і комбінованих агрегатів, виконанні просапних робіт у широких міжряддях, збиральних роботах у складі високопродуктивних збиральних комплексів по заготівлі кормів, збиранню зернових культур, транспортних і навантажувальних роботах. Встановлення ходопоменшувача дозволяє використовувати трактор на дорожньо-будівельних, меліоративних і землерийних роботах, що значно збільшує річну зайнятість трактора та економічну ефективність його використання. Широкий діапазон баластування за допомогою монтажу баласту і заповнення коліс рідиною, можливість установки коліс декількох типорозмірів, у тому числі здвоювання коліс дозволяє використовувати трактор на ґрунтах різної несучої здатності. Трактор може використовуватися на обробленні просапних і овочевих культур, нарізці гребенів і гряд.

Трактора Білорус 2522ДВ, Білорус 3022ДВ [9, 17] можуть агрегатуватися з наборами сільськогосподарських машин, призначеними для тракторів К-701 і ХТЗ-150К, а також з посівними, збиральними комплексами та плугами імпортного виробництва.

Трактора К-700 [9, 18] (рис. 1.3) тягового класу 5 у комплекті з навісними та причіпними пристроями використовуються на оранці, культивації, боронуванні і транспортних роботах. У комплекті зі спеціальними пристроями можуть використовуватися в меліоративних і дорожніх роботах, і як тягачі

причепів вантажопідйомністю до 60 т. Технічна характеристика трактора К-700 наведена в таблиці 1.1.



Рис. 1.3.Трактор К-700

Таблиця 1.1

**Технічна характеристика трактора К-700 [9, 18]**

|                                                                         |                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип трактора К-700 А Славич                                             | Сільськогосподарський, колісний загального призначення, тяговий клас 5, тягове зусилля 50 кН (5тс)                                                                      |
| Маса експлуатаційна, кг                                                 | 13300                                                                                                                                                                   |
| Тип двигуна                                                             | ЯМЗ-238НД5, ЯМЗ-240БМ2                                                                                                                                                  |
| Потужність двигуна, кВт (к.с)                                           | 221/300                                                                                                                                                                 |
| Номінальна частота обертання, об/хв                                     | 1900                                                                                                                                                                    |
| Максимальний крутний момент, Н·м (кгс·м)/ при частоті обертання, об/хв. | 1240(124)/ 1400-1600                                                                                                                                                    |
| Питома витрата палива, г/кВт·год                                        | 229                                                                                                                                                                     |
| Трансмісія                                                              | Механічна 16-швидкісна КПП із безрозривним потоком потужності в діапазоні кожного режиму, з'єднана із двигуном за допомогою напівтвердої муфти. Обидва ведучих мости із |

|                                                          |                                                                  |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                          | двоступінчастими редукторами і диференціалами, що самоблокуються |
| Шини                                                     | 20,8R42                                                          |
| <b>Швидкості руху</b>                                    |                                                                  |
| уперед                                                   | 2, 9-33,8                                                        |
| назад                                                    | 5, 1-24,3                                                        |
| Мінімальний радіус повороту, мм                          | 7200                                                             |
| Колія, мм                                                | 2115                                                             |
| Максимальна вантажопідйомність навісної системи, кН (кг) | 55,0 (5500)                                                      |
| Ресурс до першого капітального ремонту, мотогод          | 8000                                                             |
| <b>Габаритні розміри</b>                                 |                                                                  |
| Довжина, мм                                              | 7400                                                             |
| Ширина, мм                                               | 2880                                                             |
| Висота (по кабіні), мм                                   | 3950                                                             |

Трактори уніфіковані між собою і відрізняються головним чином конструкцією моторної установки: на тракторі К-701 установлений чотиритактний дванадцятициліндровий V-образний дизель ЯМЗ-240БМ, а на тракторі К-700А - восьмициліндровий дизель ЯМЗ-238НД із турбонаддувом.

Рама трактора складається із двох напіврам, з'єднаних шарнірним пристроєм. Напіврами трактора можуть повертатися відносно один одного навколо горизонтального і вертикального шарнірів. Це забезпечує гарну маневреність і постійне зачеплення всіх коліс трактора із ґрунтом.

Дизель і системи моторної установки змонтовані на передній напіврамі. Пуск дизеля виробляється електростартером. Для полегшення пуску в холодну пору року трактори обладнані системою передпускового підігріву. Для підтримки оптимального теплового режиму дизель ЯМЗ-240БМ постачаний автоматичною системою керування вентилятором. Тепловий режим дизеля

ЯМЗ-238НД регулюється термостатами і шторкою, встановленою перед радіатором.

Трансмсія тракторів складається з напівтвердої муфти з редуктором привода насосів, коробки передач, мостів і карданної передачі. Обидва мости тракторів ведучі. Задній міст може відключатися. Колеса бездискові, на шинах однакового розміру, низького тиску, із протекторами підвищеної прохідності. Колеса мають робочі гальма із пневматичним приводом.

Стоянкове гальмо - колодково-дискове, встановлено на передньому мосту.

Керування поворотом - гідравлічне, за допомогою гідророзподільника і двох гідроциліндрів, що зміщають напіврами відносно один одного навколо вертикального шарніра.

Кабіна тракторів - суцільнометалева, двомісна, герметизована, розташована за моторною установкою та кріпиться через амортизатори до постаменту, встановленого на рамі. Застосування термоізоляції, опалення і вентиляції в кабіні створює сприятливий мікроклімат. Сидіння водія - підресорене, з гідравлічним амортизатором подвійної дії. Твердість пружини сидіння можна регулювати залежно від маси водія. Кабіна обладнана додатковим сидінням.

Трактори К-700 [9, 18] постачені роздільно-агрегатною гідравлічною системою і навісним пристроєм для агрегування із сільськогосподарськими машинами. Для зовнішнього висвітлення і сигналізації на тракторах попереду встановлені дві фари та два габаритних ліхтарі, позаду - три поворотні фари на кабіні і два габаритних ліхтарі на задніх крилах.

З метою розширення сфери використання, збільшення річної зайнятості та економічної ефективності трактора на нього можна встановити додаткове встаткування, що дозволить використовувати його на дорожньо-будівельних і землерийних роботах. У додаткове встаткування трактора входить:

- комплект вузлів реверсивного керування трактором, призначений для забезпечення роботи трактора з машинами і знаряддями, що вимагають руху заднім ходом;

- комплект вузлів вала відбору потужності, призначений для забезпечення робіт з машинами і знаряддями, що мають активні робочі органи.

Трактори К-700АТ та К-701С [9, 18] тягового класу 5, використовуються на основних сільськогосподарських роботах: оранці, культивації, боронуванні, посіві.

У комплекті зі спеціальними знаряддями трактори К-700АТ та К-701С можуть застосовуватися на транспортних, меліоративних і дорожніх роботах. Багаторічний досвід експлуатації цих машин у різних кліматичних зонах підтверджує їх високу надійність, простоту і зручність обслуговування, ефективність на всіх видах сільськогосподарських робіт.

На тракторах К-700АТ, К-701С встановлена механічна коробка передач із шестірнями постійного зачеплення та фрикційними муфтами перемикання передач із гідравлічним приводом, що забезпечують перемикання без розриву потоку потужності.

Самий потужний сільськогосподарський трактор К-700А Славич [9, 18] (рис.1.4) тягового класу 5 у комплекті з навісними, напівнавісними та причіпними машинами і знаряддями призначений для різних сільськогосподарських робіт (оранка, культивація, боронування, посів, безвідвальна обробка ґрунту, лушення). Також К-700А Славич у комплекті зі спеціальними знаряддями може застосовуватися на транспортних, меліоративних і дорожніх роботах.

Трактор К-700 А Славич - одна з перших модифікацій вітчизняних колісних енергонасичених сільськогосподарських тракторів. Висока надійність, простота і зручність обслуговування, ефективність на всіх видах сільськогосподарських робіт підтверджує багаторічний досвід експлуатації цих машин у різних кліматичних умовах. Тривалість і надійність роботи К-700А

Славич залежить від умов правильної експлуатації й своєчасному проведенні технічного обслуговування.



Рис. 1.4. Трактор К-700А Славич

Подальші дослідження тягово-енергетичних показників колісних тракторів тягового класу 5,0 при роботі на різних агрофонах будуть проводитися на прикладі колісного трактора К-700 з гідروоб'ємною трансмісією.

### **1.3. Обґрунтування об'єкта досліджень. Мета і задачі досліджень**

Сучасні тракторні трансмісії в першу чергу класифікуються за способом зміни їх передаточних чисел: безступінчасті, ступінчасті та комбіновані.

Ступінчасті трансмісії мають певні значення передаточних чисел у межах яких робота трактора досить продуктивна і економічна. Безступінчасті трансмісії дозволяють мати будь-яке значення передаточних чисел у заданому інтервалі, за рахунок чого робота трактора буде найбільш продуктивною і економічною. Комбіновані трансмісії – це сполучення безступінчастих і ступінчастих трансмісій.

За способом перетворення крутного моменту трансмісії бувають механічні, гідравлічні, електричні та комбіновані.

Аналіз використання різноманітних типів трансмісій показав, що на сьогоднішній день гідрооб'ємні трансмісії знайшли застосування на малогабаритних садово-городніх тракторах, тракторах для комунального господарства, для різних видів будівельних робіт, на транспортних засобах високої прохідності – колісних та гусеничних; сільськогосподарських тракторах; самохідних шасі багатоцільового призначення, що агрегатуються з різними самохідними збиральними машинами.

Перспективним напрямком варто визнати застосування гідрооб'ємних трансмісій, які дозволяють забезпечити безступінчасте регулювання швидкості трактора в сполученні з високими значеннями ККД.

Вивчення стану питання показує, що одним зі шляхів підвищення експлуатаційної ефективності трактора є використання гідрооб'ємних передач.

У цьому зв'язку **об'єктом дослідження** у виконуваний роботі є процеси, що відбуваються при роботі колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією, при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну його тягово-енергетичних показників.

**Метою досліджень** даної роботи є дослідження зміни тягово-енергетичних показників колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією, при роботі на різних агрофонах.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Зробити тяговий розрахунок колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.

2. Зробити розрахунок і побудувати теоретичні тягові характеристики колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.

3. Зробити аналіз теоретичних тягових характеристик колісного трактора тягового класу 5,0 з гідروоб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах.

4. Розробити карту контролю колісного трактора тягового класу 5,0 по показниках безпеки.

#### **1.4. Висновки по розділу**

Аналіз використання різноманітних типів трансмісій показав, що на сьогоднішній день гідрооб'ємні трансмісії знайшли застосування на малогабаритних садово-городніх тракторах, тракторах для комунального господарства, для різних видів будівельних робіт, на транспортних засобах високої прохідності – колісних та гусеничних; сільськогосподарських тракторах; самохідних шасі багатоцільового призначення, що агрегатуються з різними самохідними збиральними машинами.

Перспективним напрямком варто визнати застосування гідрооб'ємних трансмісій, які дозволяють забезпечити безступінчасте регулювання швидкості трактора в сполученні з високими значеннями ККД.

Вивчення стану питання показує, що одним зі шляхів підвищення експлуатаційної ефективності трактора є використання гідрооб'ємних передач.

У цьому зв'язку є необхідним проведення досліджень процесів, що відбуваються при роботі колісного трактора тягового класу 5,0 (на прикладі трактора К-700) з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну його тягово-енергетичних показників.

## РОЗДІЛ 2.

### ТЯГОВИЙ РОЗРАХУНОК КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАСУ 5,0 З ГІДРООБ'ЄМНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ ПРИ РОБОТІ НА РІЗНИХ АГРОФОНАХ

Метою тягового розрахунку трактора з гідрооб'ємною трансмісією є визначення тягово-швидкісних показників трактора з гідрооб'ємною трансмісією, визначення параметрів гідравлічних машин при прямолінійному поступальному прямованні.

При проведенні тягового розрахунку трактора з гідрооб'ємною трансмісією визначають параметри гідромашин (насосів, гідромоторів): потужність насосів, їх кількість та сумарний робочий об'єм гідромоторів [8, 11, 12, 21].

Тяговий розрахунок колісного трактора тягового класу 5,0 з гідрооб'ємною трансмісією в умовах роботи на різноманітних ґрунтах виконується на прикладі трактора К-700. Загальна характеристика трактора к-700 наведена в таблиці 1.1.

#### 2.1. Визначення вагових параметрів трактора

Максимальна експлуатаційна маса трактора визначається з умови забезпечення необхідної дотичної сили тяги з урахуванням компенсації зовнішніх втрат, що враховуються коефіцієнтом опору коченню [5, 8, 21].

Для колісного трактора максимальна експлуатаційна маса трактора  $m_{\max}$ , кг визначається з рівняння

$$m_{\max} = \frac{P_{крн1}}{(\varphi_k \cdot \lambda_k - f) \cdot g}, \quad (2.1)$$

де:  $P_{крн1}$  – номінальна сила тяги на крюку, Н;

$\lambda_k$  – коефіцієнт навантаження ведучих коліс,  $\lambda_k = 1$ ;

$\varphi_k$  – коефіцієнт використання зчіпної ваги колісного трактора на:

- перелігу  $\varphi_k = 0,55 \dots 0,75$ ;
- стерні  $\varphi_k = 0,65 \dots 0,8$ ;
- злежаній оранці  $\varphi_k = 0,5$ ;
- поораному полі  $\varphi_k = 0,5 \dots 0,7$ ;
- полі, підготовленому під посів  $\varphi_k = 0,35 \dots 0,55$ ;
- болотно-торф'яній цілині  $\varphi_k = 0,3 \dots 0,4$ ;

$f$  – коефіцієнт опору коченню колісного трактора на:

- перелігу  $f = 0,06 \dots 0,08$ ;
- стерні  $f = 0,08 \dots 0,1$ ;
- злежаній оранці  $f = 0,1 \dots 0,12$ ;
- поораному полі  $f = 0,12 \dots 0,16$ ;
- полі, підготовленому під посів  $f = 0,16 \dots 0,18$ ;
- болотно-торф'яній цілині  $f = 0,18 \dots 0,2$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Максимальна експлуатаційна маса колісного трактора при роботі трактора на:

- перелігу

$$m_{\max(f=0,06; \varphi_k=0,75)} = \frac{50000}{(0,75 \cdot 1 - 0,06) \cdot 9,81} = 7387 \text{ кг.}$$

$$m_{\max(f=0,08; \varphi_k=0,55)} = \frac{50000}{(0,55 \cdot 1 - 0,08) \cdot 9,81} = 10844 \text{ кг.}$$

- стерні

$$m_{\max(f=0,08; \varphi_k=0,8)} = \frac{50000}{(0,8 \cdot 1 - 0,08) \cdot 9,81} = 7079 \text{ кг.}$$

$$m_{\max(f=0,1; \varphi_k=0,65)} = \frac{50000}{(0,65 \cdot 1 - 0,1) \cdot 9,81} = 9267 \text{ кг.}$$

– злежаній оранці

$$m_{\max(f=0,1; \varphi_k=0,5)} = \frac{50000}{(0,5 \cdot 1 - 0,1) \cdot 9,81} = 12742 \text{ кг.}$$

$$m_{\max(f=0,12; \varphi_k=0,5)} = \frac{50000}{(0,5 \cdot 1 - 0,12) \cdot 9,81} = 13413 \text{ кг.}$$

– поораному полі

$$m_{\max(f=0,12; \varphi_k=0,7)} = \frac{50000}{(0,7 \cdot 1 - 0,12) \cdot 9,81} = 8788 \text{ кг.}$$

$$m_{\max(f=0,16; \varphi_k=0,5)} = \frac{50000}{(0,5 \cdot 1 - 0,16) \cdot 9,81} = 14991 \text{ кг.}$$

– полі, підготовленому під посів

$$m_{\max(f=0,16; \varphi_k=0,55)} = \frac{50000}{(0,55 \cdot 1 - 0,16) \cdot 9,81} = 13069 \text{ кг.}$$

$$m_{\max(f=0,18; \varphi_k=0,35)} = \frac{50000}{(0,35 \cdot 1 - 0,18) \cdot 9,81} = 29981 \text{ кг.}$$

– болотно-торф'яній цілині

$$m_{\max(f=0,18; \varphi_k=0,4)} = \frac{50000}{(0,4 \cdot 1 - 0,18) \cdot 9,81} = 23167 \text{ кг.}$$

$$m_{\max(f=0,2; \varphi_k=0,3)} = \frac{50000}{(0,3 \cdot 1 - 0,2) \cdot 9,81} = 50968 \text{ кг.}$$

Мінімальна експлуатаційна маса колісного трактора  $m_{\min}$  визначається з рівняння

$$m_{\min} = (0,9...0,95) \cdot m_{\max} . \quad (2.2)$$

Мінімальна експлуатаційна маса колісного трактора  $m_{\min}$  при роботі колісного трактора на:

– перелігу

$$m_{\min(f=0,06; \varphi_K=0,75)} = 0,92 \cdot 7387 = 6796 \text{ кг};$$

$$m_{\min(f=0,08; \varphi_K=0,55)} = 0,92 \cdot 10844 = 9976 \text{ кг};$$

– стерні

$$m_{\min(f=0,08; \varphi_K=0,8)} = 0,92 \cdot 7079 = 6513 \text{ кг};$$

$$m_{\min(f=0,1; \varphi_K=0,65)} = 0,92 \cdot 9267 = 8526 \text{ кг};$$

– злежаний оранці

$$m_{\min(f=0,1; \varphi_K=0,5)} = 0,92 \cdot 12742 = 11723 \text{ кг};$$

$$m_{\min(f=0,12; \varphi_K=0,5)} = 0,92 \cdot 13413 = 12340 \text{ кг};$$

– поораному полі

$$m_{\min(f=0,12; \varphi_K=0,7)} = 0,92 \cdot 8788 = 8085 \text{ кг};$$

$$m_{\min(f=0,16; \varphi_K=0,5)} = 0,92 \cdot 14991 = 13792 \text{ кг};$$

– полі, підготовленому під посів

$$m_{\min(f=0,16; \varphi_K=0,55)} = 0,92 \cdot 13069 = 12023 \text{ кг};$$

$$m_{\min(f=0,18; \varphi_K=0,35)} = 0,92 \cdot 29981 = 27583 \text{ кг};$$

– болотно-торф'яній цілині

$$m_{\min(f=0,18; \varphi_K=0,4)} = 0,92 \cdot 23167 = 21314 \text{ кг};$$

$$m_{\min(f=0,2; \varphi_K=0,3)} = 0,92 \cdot 50968 = 46891 \text{ кг}.$$

## 2.2. Визначення номінальної потужності двигуна

Номінальна потужність двигуна  $N_n$  [11, 12], кВт

$$N_n = \frac{(P_{kp_{n1}} + f \cdot m_{\max} \cdot g) \cdot V_{n1}}{3600 \cdot \eta_{mp} \cdot \chi_s} \quad (2.3)$$

де:  $V_{n1}$  – нижча робоча швидкість,  $V_{n1} = 10 \text{ км/год}$ ;

$\eta_{mp}$  – механічний ККД трансмісії,  $\eta_{mp} = 0,88 \dots 0,93$ ;

$\chi_3$  – коефіцієнт експлуатаційного навантаження двигуна,  $\chi_3 = 0,85 \dots 0,9$ .

Номінальна потужність двигуна  $N_n$  при роботі колісного трактора на:

– перелігу

$$N_{n(f=0,06)} = \frac{(50000 + 0,06 \cdot 7387 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 199,14 \text{ кВт.}$$

$$N_{n(f=0,08)} = \frac{(50000 + 0,08 \cdot 10844 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 205,43 \text{ кВт.}$$

– стерні

$$N_{n(f=0,08)} = \frac{(50000 + 0,08 \cdot 7079 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 198,57 \text{ кВт.}$$

$$N_{n(f=0,1)} = \frac{(50000 + 0,1 \cdot 9267 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 202,56 \text{ кВт.}$$

– злежаний оранці

$$N_{n(f=0,1)} = \frac{(50000 + 0,1 \cdot 12742 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 208,89 \text{ кВт.}$$

$$N_{n(f=0,12)} = \frac{(50000 + 0,12 \cdot 13413 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 210,11 \text{ кВт.}$$

– поораному полі

$$N_{n(f=0,12)} = \frac{(50000 + 0,12 \cdot 8788 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 201,69 \text{ кВт.}$$

$$N_{n(f=0,16)} = \frac{(50000 + 0,16 \cdot 14991 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 212,99 \text{ кВт.}$$

– полі, підготовленому під посів

$$N_{n(f=0,16)} = \frac{(50000 + 0,16 \cdot 13069 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 209,49 \text{ кВт.}$$

$$N_{n(f=0,18)} = \frac{(50000 + 0,18 \cdot 29981 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 240,29 \text{ кВт.}$$

– болотно-торф'яній цілині

$$N_{n(f=0,18)} = \frac{(50000 + 0,18 \cdot 23167 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 227,88 \text{ кВт.}$$

$$N_{n(f=0,2)} = \frac{(50000 + 0,2 \cdot 50968 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 278,52 \text{ кВт.}$$

### 2.3. Розрахунок регуляторної характеристики двигуна

Номінальний крутний момент двигуна,  $M_n$  [11, 12], Н·м

$$M_n = 9550 \cdot \frac{N_n}{n_n}. \quad (2.4)$$

Номінальний крутний момент двигуна,  $M_n$  при роботі колісного трактора на перелігу

$$M_{n(f=0,06)} = 9550 \cdot \frac{199,14}{1900} = 1000,94 \text{ Н·м.}$$

$$M_{n(f=0,08)} = 9550 \cdot \frac{205,43}{1900} = 1032,56 \text{ Н·м.}$$

Номінальний крутний момент двигуна  $M_n$  при роботі колісного трактора на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Номінальна годинна витрата палива  $G_{m_n}$  [11, 12], кг/год

$$G_{m_n} = 10^{-3} \cdot g_{e_n} \cdot N_n, \quad (2.5)$$

де  $g_{e_n}$  – номінальна питома витрата палива (за прототипом), г/кВт·год.

Номінальна годинна витрата палива  $G_{m_n}$  при роботі колісного трактора на перелігу

$$G_{Tn(f=0,06)} = 10^{-3} \cdot 229 \cdot 199,14 = 45,6 \text{ кг/год};$$

$$G_{Tn(f=0,08)} = 10^{-3} \cdot 229 \cdot 205,43 = 47,04 \text{ кг/год.}$$

Номінальна годинна витрата палива  $G_{m_n}$  при роботі колісного трактора на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Годинна витрата палива на холостому ходу  $G_{mx}$ ,  $кг/год$

$$G_{mx} = (0,25...0,3)G_{m_n} \quad (2.6)$$

Годинна витрата палива на холостому ходу  $G_{mx}$  при роботі колісного трактора на перелігу

$$G_{Tx(f=0,06)} = 0,25 \cdot 45,6 = 11,4 \text{ кг/год};$$

$$G_{Tx(f=0,08)} = 0,25 \cdot 47,04 = 11,76 \text{ кг/год}.$$

Годинна витрата палива на холостому ходу  $G_{mx}$  при роботі колісного трактора на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Максимальна частота обертання двигуна на холостому ході  $n_x$  [11, 12]

$$n_{x.x} = n_n \cdot \frac{2 + \delta_p}{2 - \delta_p} \quad (2.7)$$

де  $\delta_p$  – ступінь нерівномірності роботи регулятора,  $\delta_p = 0,06...0,08$ .

$$n_x = 1900 \cdot \frac{2 + 0,06}{2 + 0,06} = 2018 \text{ хв}^{-1}.$$

Поточні значення потужності двигуна  $N_e$ , крутного моменту  $M_\delta$  та годинної витрати палива  $G_m$  визначаються згідно таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри регуляторної характеристики двигуна

| Частота обертання вала двигуна, $n$ , $хв^{-1}$ | $0,5 \cdot n_n$     | $0,6 \cdot n_n$     | $0,7 \cdot n_n$     | $0,8 \cdot n_n$     | $0,9 \cdot n_n$     | $n_n$    | $n_{x.x}$ |
|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|-----------|
| Потужність двигуна ефективна, $N_e$ , $кВт$     | $0,53 \cdot N_n$    | $0,67 \cdot N_n$    | $0,78 \cdot N_n$    | $0,87 \cdot N_n$    | $0,95 \cdot N_n$    | $N_n$    | 0         |
| Крутний момент, $M_\delta$ , $Н \cdot м$        | $1,06 \cdot M_n$    | $1,11 \cdot M_n$    | $1,10 \cdot M_n$    | $1,09 \cdot M_n$    | $1,06 \cdot M_n$    | $M_n$    | 0         |
| Годинна витрата палива, $G_m$ , $кг/ч$          | $0,62 \cdot G_{mn}$ | $0,73 \cdot G_{mn}$ | $0,82 \cdot G_{mn}$ | $0,89 \cdot G_{mn}$ | $0,95 \cdot G_{mn}$ | $G_{mn}$ | $G_{mx}$  |

Результати розрахунку регуляторної характеристики двигуна для кожного агрофону зводяться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Параметри регуляторної характеристики двигуна

| Частота обертання вала двигуна, $n$ , $\text{хв}^{-1}$ |                        | $0,5 \cdot n_n$ | $0,6 \cdot n_n$ | $0,7 \cdot n_n$ | $0,8 \cdot n_n$ | $0,9 \cdot n_n$ | $n_n$   | $n_{x,x}$ |
|--------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----------|
| Частота обертання вала двигуна, $n$ , $\text{хв}^{-1}$ |                        | 950             | 1140            | 1330            | 1520            | 1710            | 1900    | 2018      |
| 1                                                      |                        | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               | 7       | 8         |
| Переліг ( $f = 0,06...0,08$ )                          |                        |                 |                 |                 |                 |                 |         |           |
| Потужність двигуна ефективна, $\text{кВт}$             | $N_{e(f=0,06)}$        | 105,54          | 133,42          | 155,33          | 173,25          | 189,18          | 199,14  | –         |
|                                                        | $N_{e(f=0,08)}$        | 108,88          | 137,64          | 160,24          | 178,72          | 195,16          | 205,43  | –         |
| Крутний момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$                | $M_{\partial(f=0,06)}$ | 1061            | 1111,04         | 1101,03         | 1091,02         | 1061            | 1000,94 | –         |
|                                                        | $M_{\partial(f=0,08)}$ | 1094,51         | 1146,14         | 1135,82         | 1125,49         | 1094,51         | 1032,56 | –         |
| Годинна витрата палива, $\text{кг/ч}$                  | $G_{m(f=0,06)}$        | 28,27           | 33,29           | 37,39           | 40,58           | 43,32           | 45,6    | 11,4      |
|                                                        | $G_{m(f=0,08)}$        | 29,16           | 34,34           | 38,57           | 41,87           | 44,69           | 47,04   | 11,76     |
| Стерня ( $f = 0,08...0,1$ )                            |                        |                 |                 |                 |                 |                 |         |           |
| Потужність двигуна ефективна, $\text{кВт}$             | $N_{e(f=0,08)}$        | 105,24          | 133,04          | 154,88          | 172,76          | 188,64          | 198,57  | –         |
|                                                        | $N_{e(f=0,1)}$         | 107,36          | 135,72          | 158             | 176,23          | 192,43          | 202,56  | –         |
| Крутний момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$                | $M_{\partial(f=0,08)}$ | 1057,96         | 1107,87         | 1097,89         | 1087,91         | 1057,96         | 998,08  | –         |
|                                                        | $M_{\partial(f=0,1)}$  | 1079,22         | 1130,12         | 1119,94         | 1109,76         | 1079,22         | 1018,13 | –         |
| Годинна витрата палива, $\text{кг/ч}$                  | $G_{m(f=0,08)}$        | 28,19           | 33,19           | 37,29           | 40,47           | 43,2            | 45,47   | 11,37     |
|                                                        | $G_{m(f=0,1)}$         | 28,76           | 33,86           | 38,04           | 41,29           | 44,07           | 46,39   | 11,6      |
| Злежана оранка ( $f = 0,1...0,12$ )                    |                        |                 |                 |                 |                 |                 |         |           |
| Потужність двигуна ефективна, $\text{кВт}$             | $N_{e(f=0,1)}$         | 110,71          | 139,96          | 162,93          | 181,73          | 198,45          | 208,89  | –         |
|                                                        | $N_{e(f=0,12)}$        | 111,36          | 140,77          | 163,89          | 182,8           | 199,6           | 210,11  | –         |
| Крутний момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$                | $M_{\partial(f=0,1)}$  | 1112,95         | 1165,44         | 1154,95         | 1144,45         | 1112,95         | 1049,95 | –         |
|                                                        | $M_{\partial(f=0,12)}$ | 1119,44         | 1172,25         | 1161,69         | 1151,13         | 1119,44         | 1056,08 | –         |
| Годинна витрата палива, $\text{кг/ч}$                  | $G_{m(f=0,1)}$         | 29,66           | 34,92           | 39,23           | 42,58           | 45,45           | 47,84   | 11,96     |
|                                                        | $G_{m(f=0,12)}$        | 29,83           | 35,13           | 39,46           | 42,83           | 45,71           | 48,12   | 12,03     |

| 1                                                                    |                        | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8     |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| <b>Пооране поле ( <math>f = 0,12...0,16</math> )</b>                 |                        |         |         |         |         |         |         |       |
| Потужність<br>двигуна<br>ефективна, $\kappa Bm$                      | $N_{e(f=0,12)}$        | 106,9   | 135,13  | 157,32  | 175,47  | 191,61  | 201,69  | –     |
|                                                                      | $N_{e(f=0,16)}$        | 112,88  | 142,7   | 166,13  | 185,3   | 202,34  | 212,99  | –     |
| Крутний<br>момент, $H \cdot m$                                       | $M_{\partial(f=0,12)}$ | 1074,59 | 1125,27 | 1115,14 | 1105    | 1074,59 | 1013,76 | –     |
|                                                                      | $M_{\partial(f=0,16)}$ | 1134,79 | 1188,32 | 1177,62 | 1166,91 | 1134,79 | 1070,56 | –     |
| Годинна витрата<br>палива, $\kappa z / \text{ч}$                     | $G_{m(f=0,12)}$        | 28,64   | 33,72   | 37,88   | 41,11   | 43,88   | 46,19   | 11,55 |
|                                                                      | $G_{m(f=0,16)}$        | 30,24   | 35,6    | 39,99   | 43,41   | 46,33   | 48,77   | 12,19 |
| <b>Поле, підготовлене під посів ( <math>f = 0,16...0,18</math> )</b> |                        |         |         |         |         |         |         |       |
| Потужність<br>двигуна<br>ефективна, $\kappa Bm$                      | $N_{e(f=0,16)}$        | 111,03  | 140,36  | 163,4   | 182,26  | 199,02  | 209,49  | –     |
|                                                                      | $N_{e(f=0,18)}$        | 127,35  | 160,99  | 187,43  | 209,05  | 228,28  | 240,29  | –     |
| Крутний<br>момент, $H \cdot m$                                       | $M_{\partial(f=0,16)}$ | 1116,14 | 1168,79 | 1158,26 | 1147,73 | 1116,14 | 1052,96 | –     |
|                                                                      | $M_{\partial(f=0,18)}$ | 1280,24 | 1340,62 | 1328,55 | 1316,47 | 1280,24 | 1207,77 | –     |
| Годинна витрата<br>палива, $\kappa z / \text{ч}$                     | $G_{m(f=0,16)}$        | 29,74   | 35,02   | 39,34   | 42,69   | 45,57   | 47,97   | 11,99 |
|                                                                      | $G_{m(f=0,18)}$        | 34,12   | 40,17   | 45,12   | 48,98   | 52,28   | 55,03   | 13,76 |
| <b>Болотно-торф'яна цілина ( <math>f = 0,18...0,2</math> )</b>       |                        |         |         |         |         |         |         |       |
| Потужність<br>двигуна<br>ефективна, $\kappa Bm$                      | $N_{e(f=0,18)}$        | 120,78  | 152,68  | 177,75  | 198,26  | 216,49  | 227,88  | –     |
|                                                                      | $N_{e(f=0,2)}$         | 147,62  | 186,61  | 217,25  | 242,31  | 264,59  | 278,52  | –     |
| Крутний<br>момент, $H \cdot m$                                       | $M_{\partial(f=0,18)}$ | 1214,12 | 1271,39 | 1259,94 | 1248,49 | 1214,12 | 1145,4  | –     |
|                                                                      | $M_{\partial(f=0,2)}$  | 1483,93 | 1553,92 | 1539,92 | 1525,92 | 1483,93 | 1399,93 | –     |
| Годинна витрата<br>палива, $\kappa z / \text{ч}$                     | $G_{m(f=0,18)}$        | 32,35   | 38,09   | 42,79   | 46,44   | 49,57   | 52,18   | 13,05 |
|                                                                      | $G_{m(f=0,2)}$         | 39,54   | 46,56   | 52,3    | 56,76   | 60,59   | 63,78   | 15,95 |

За значеннями таблиці 2.2 будується регуляторна характеристика двигуна для кожного агрофону (рис. 2.1).

З метою подальшого порівняння графіки (рис. 2.1) виконані в одній масштабній сітці, що дозволяє візуально відзначити зміни регуляторної характеристики колісного трактора при роботі на різних агрофонах. З рис. 2.1 видно, що при роботі трактора на перелігі, стерні, злежаній оранці та поораному полі регуляторна характеристика двигуна майже не змінюється, а на полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині значно зростають потужність двигуна, крутний момент та годинна витрата палива.

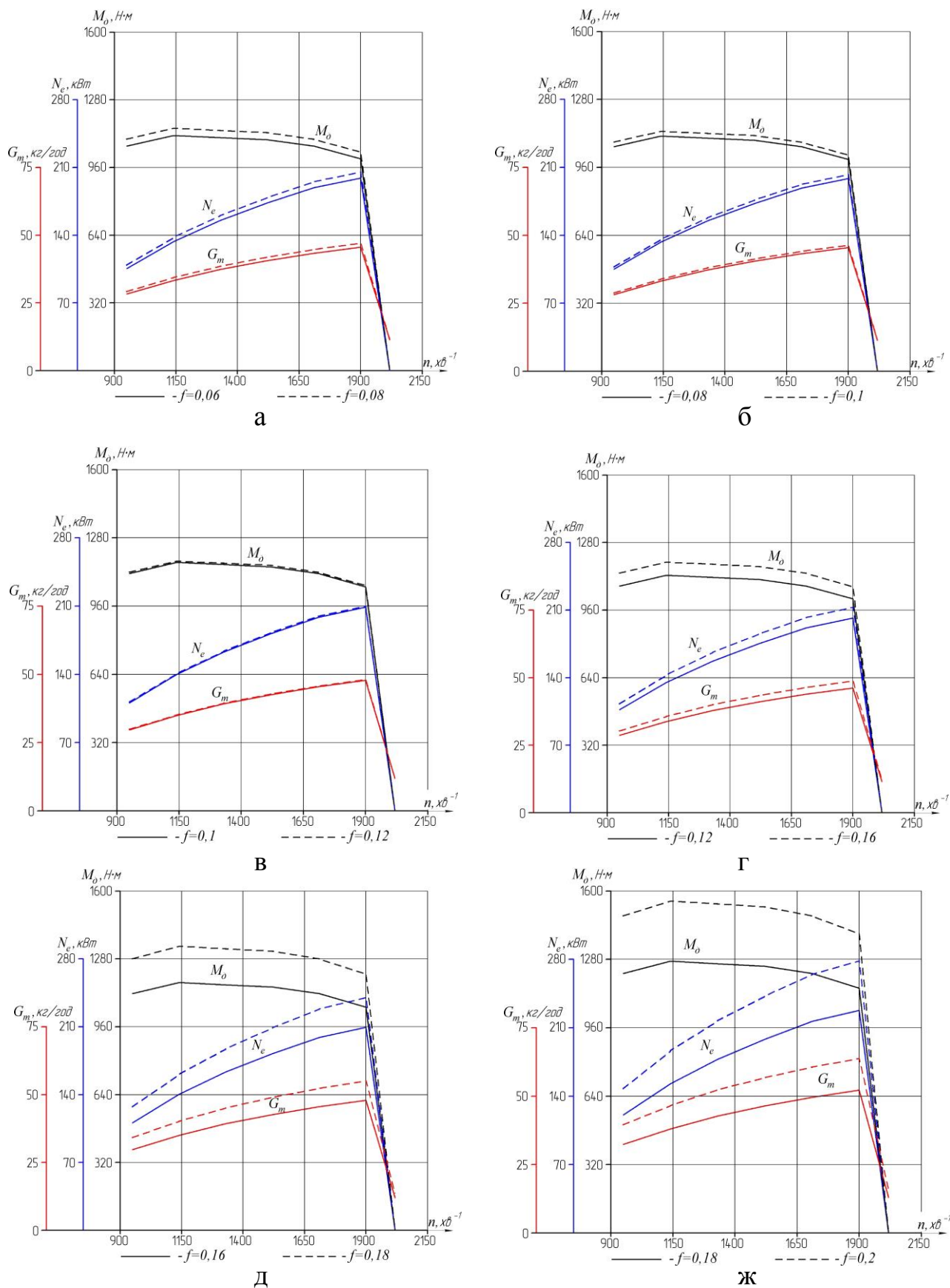


Рис. 2.1. Регуляторна характеристика двигуна при роботі колісного трактора на:  
а – перелігі; б – стерні; в – злежаній оранці; г – поораному полі;  
д – полі, підготовленому під посів; ж – болотно-торф'яній цілині

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз використання різноманітних типів трансмісій показав, що на сьогоднішній день гідрооб'ємні трансмісії знайшли застосування на малогабаритних садово-городніх тракторах, тракторах для комунального господарства, для різних видів будівельних робіт, на транспортних засобах високої прохідності – колісних та гусеничних; сільськогосподарських тракторах; самохідних шасі багатоцільового призначення, що агрегатуються з різними самохідними збиральними машинами. У цьому зв'язку є необхідним проведення досліджень процесів, що відбуваються при роботі колісного трактора тягового класу 5,0 (на прикладі трактора К-700) з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну його тягово-енергетичних показників.

2. В результаті проведеного тягового розрахунку колісного трактора тягового класу 5,0 (на прикладі трактора К-700) з гідрооб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах визначено його вагу, потужність двигуна, розраховано і побудовано регуляторну характеристику двигуна та визначено тягові зусилля при прямолінійному поступальному русі. При проведенні тягового розрахунку трактора тягового класу 5,0 (на прикладі трактора К-700) з гідрооб'ємною трансмісією вибрано гідромашини та визначено їх параметри: потужність насосів, їх кількість та сумарний робочий об'єм гідромоторів та їх кількість при різних режимах роботи. Аналіз проведених розрахунків показав, що при роботі колісного трактора тягового класу 5,0 (на прикладі трактора К-700) на полі, підготовленому під посів за граничними умовами: коефіцієнт опору кочення та коефіцієнт використання зчіпної ваги дорівнюють  $f = 0,18$ ;  $\varphi_k = 0,35$  та на болотно-торф'яній цілині за граничними умовами: коефіцієнт опору кочення та коефіцієнт використання зчіпної ваги дорівнюють  $f = 0,2$ ;  $\varphi_k = 0,3$  сила опору кочення перевищує дотичну силу тяги, тому використання колісних тракторів даного типу при роботі на цих ґрунтах недоцільне.

3. В результаті розрахунку теоретичної тягової характеристики колісного трактора тягового класу 5,0 (на прикладі трактора К-700) з гідروоб'ємною трансмісією при роботі на різних агрофонах побудовані теоретичні тягові характеристики. Аналіз тягово-енергетичних показників трактора показує, що залежно від агрофону (від перелігу до поля, підготовленого під посів): збільшення маси трактора є досить значним і становить від 1,8 до 3,2 разів; збільшення номінальних значень потужності двигуна, годинної витрати і крутного моменту є незначним і становить від 5% до 20%; збільшення сили опору коченню є досить значним і становить від 4,7 до 6,2 разів; зменшення номінальної сили тяги на кріюку становить від 1,3 до 2,4 разів, тобто трактор буде працювати з заданими тяговими якостями тільки на перелігу, стерні, злежаних оранці та поораному полі; зменшення максимальної сили тяги на кріюку становить від 1,2 до 2 разів; зменшення мінімальної сили тяги на кріюку становить від 2,1 до 2,3 разів; збільшення установочної потужності незначне та становить від 4% до 10%; дійсна швидкість майже не змінюється; зменшення максимальної тягової потужності становить від 20% до 30%; зменшення максимального тягового ККД становить від 30% до 40%.

4. В роботі багато уваги приділено правилам техніки безпеки при експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки, особливостям використання та вимогам охорони праці під час використання тракторів і мобільних енергетичних засобів. Наведено заходи з пожежної безпеки та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Розроблена карта контролю трактора К-700 по показниках безпеки, яка дозволяє значно підвищити якість підготовки техніки до проведення ТО та підвищити рівень безпеки праці обслуговуючого персоналу.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беликов А.С., Сафонов В.В., Годяев С.Г. и др. Охрана труда в агропромышленном комплексе Украины: учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации. – Черкассы, 2014 – 646 с.
2. Белов С.В. Безопасность производственных процессов // Справочник / Под общей ред. Белова С.В. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
3. Волошина А.А., Панченко І.А. Розрахунок гідроприводу активних робочих органів сільськогосподарської техніки (частина 1). Методичні вказівки з дисципліни «Гідропривод мехатронних систем» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – ТДАТУ, 2019. – 96с.
4. Волошина А.А., Панченко І.А. Розрахунок гідроприводу активних робочих органів сільськогосподарської техніки (частина 2). Методичні вказівки з дисципліни «Гідропривод мехатронних систем» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – ТДАТУ, 2019. – 28с.
5. Котиков В.М., Ерхов А.В. Тракторы и автомобили:.. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 416 с.
6. Луценков В.Л., Бутко Д.А., Крыжачковский Н.Л. и др. Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности. – К.: Урожай, 1993 – 296 с.
7. Мининзон М.Я. Будущее трансмиссий сельскохозяйственных тракторов за бесступенчатыми передачами // Отчет: НАТИ / Мининзон М.Я. – М., 1999. –136 с.
8. Мирошниченко А.Н. Основы теории автомобиля и трактора: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 490 с.
9. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Трактори країн СНД: посібник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. – 176 с.
10. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Закордонні трактори країн: посібник. –

Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 600 с.

11. Панченко А.І., Волошина А.А. Тяговий розрахунок трактора з гідروоб'ємною трансмісією. Методичні вказівки з дисципліни «Трактори і автомобілі» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – ТДАТУ, 2020. – 17с.

12. Панченко А.І., Волошина А.А., Болтянський О.В. Розрахунок експлуатаційних показників тракторів і автомобілів: методичні вказівки для курсового проекту з дисципліни «Трактори і автомобілі» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 46 с.

13. Рогач Ю.П. Пожежна безпека / Ю.П. Рогач. – Сімферополь, Таврія Плюс, 2001. – 124с.

14. Самородов В. Б., Бондаренко А. І. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій // Автомобильный транспорт, 2012. – № 30. – С. 13–22.

15. Самородов В. Б., Бондаренко А. І., Кожушко А. П., Пелипенко Є.С., Мітцель М.О. Перспективні трансмісії колісних тракторів // Вісник НТУ «ХП», 2014. – № 10 (1053). – С. 3–10.

16. Тітова О. А., Панченко А. І., Волошина А. А. Методологічні засади проектування гідроприводу мехатронних систем сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 179 с.

17. Трактори «Беларус» // Режим доступу: [www.beloveg.ru](http://www.beloveg.ru).

18. Трактори «Кировец» // Режим доступу: [www.kirovets-ptz.com](http://www.kirovets-ptz.com).

19. Трактори «Коваль» // Режим доступу: [www.agrotechnika-ukr.com.ua](http://www.agrotechnika-ukr.com.ua).

20. Финкельштейн З.Л., Яхно О.М., Чебан В.Г., Лурье З.Я., Чекмасова И.А. Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода: учебное пособие. – К.: НТУУ «КПИ», 2006. – 216 с.

21. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебник. – М.: Колос, 1972. – 475 с.