

**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:

**ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ  
ПОКАЗНИКІВ КОЛІСНИХ І ГУСЕНИЧНИХ ТРАКТОРІВ  
ТЯГОВОГО КЛАСУ 3,0 ПРИ РОБОТІ НА РІЗНИХ АГРОФОНАХ**

***ЗІМСД.007.000000ІІЗ***

Виконав: здобувач ВО 2 курсу 22 МБ АІ групи

Спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПІ Агроінженерія

(цифр і назви спеціальності та ОПІ)

\_\_\_\_\_ **Олег ГАЛАНІН**

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 88 сторінках машинописного тексту, містить 26 рисунків, 17 таблиць та бібліографію, що включає 23 найменування.

Робота присвячена дослідженням тягово-енергетичних показників колісних і гусеничного тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

В роботі проведено тяговий розрахунок колісних і гусеничного тракторів тягового класу 3,0 при прямолінійному поступальному русі на різних агрофонах, розраховано, побудовано та проаналізовано теоретичні тягові характеристики тракторів при роботі на різних агрофонах.

При проведенні тягового розрахунку трактора визначено моменти, що підводяться до ведучих зірочок, коефіцієнти корисної дії, діапазони швидкостей руху і відповідне передаточне число трансмісії та питомі витрати палива при різних режимах роботи на різних агрофонах.

По закінченню тягового розрахунку тракторів розраховано і побудовано теоретичні тягові характеристики, які оцінюють тягово-зчіпні, швидкісні і економічні якості колісних та гусеничних тракторів при різних сталих режимах роботи на різних агрофонах та зроблено аналіз тягово-енергетичних показників колісних та гусеничних тракторів.

Багато уваги в роботі приділено охороні праці та безпеці у надзвичайних ситуаціях. Закінчується робота розробкою карт контролю по показниках безпеки тракторів тягового класу 3,0.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОЛІСНИЙ ТРАКТОР, ГУСЕНИЧНИЙ ТРАКТОР, ТЯГОВИЙ КЛАС, РЕГУЛЯТОРНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ТЕОРЕТИЧНА ТЯГОВА ХАРАКТЕРИСТИКА, ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ, КАРТА КОНТРОЛЮ ПО ПОКАЗНИКАХ БЕЗПЕКИ.

## 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 трактори поділяються на два основних типи: колісні та гусеничні. Колісні трактора найбільш розповсюджені, та мають певні переваги: оперативність, швидкість руху може досягати 50 км /год.; можливість пересуватися по дорогам загального призначення; менші витрати на поточний ремонт. Основний недоліком є переущільнення ґрунту [3]. Гусеничні трактори поділяються на напівгусеничні та гусеничні. До переваг гусеничних рушіїв слід віднести [3, 5, 16], що сумарна площа гусеничних тракторів у порівнянні з аналогічним показником колісного трактора є більшою у середньому на 40-60%. Відповідно, меншим є тиск на ґрунт багатотонної машини і, як результат, знижується показник ущільнення. Головними перевагами є здатність заходити раніше в поле на початку сезону та максимально довгий час залишатися в полі в кінці сезону [3].

Порівняльний аналіз колісних і гусеничних машин при експлуатації їх у важких дорожніх умовах показує перевагу останніх по таких найважливіших показниках, як прохідність, продуктивність, маневреність, тягово-зчіпні якості, зручність і надійність роботи [3].

У цьому зв'язку **об'єктом дослідження** у виконуваний роботі є процеси, що відбуваються при роботі колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну їх тягово-енергетичних показників.

**Предмет дослідження** у виконуваний роботі є функціональні залежності, що описують процеси, які відбуваються при роботі колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

**Метою досліджень** даної роботи є дослідження зміни тягово-енергетичних показників колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

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

1. Зробити тяговий розрахунок колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

2. Зробити розрахунок і побудувати теоретичні тягові характеристики колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

3. Зробити аналіз теоретичних тягових характеристик колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

4. Розробити карти контролю колісного і гусеничного тракторів тягового класу 3,0 по показниках безпеки.

# РОЗДІЛ 1.

## СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Типаж тракторів

Трактор – складна самохідна машина, призначена для переміщення та приводу в дію робочих органів мобільних машин і знарядь, перевезення вантажів на причепах, приводу стаціонарних машин від вала відбору потужності або приводного шківів [4, 22]. Трактор складається [7, 22] із взаємозв'язаних механізмів, які за призначенням поділяються на такі групи (або агрегати): двигун, силова передача, ходова частина, органи керування, робоче, допоміжне і електричне обладнання (рис. 1.1).

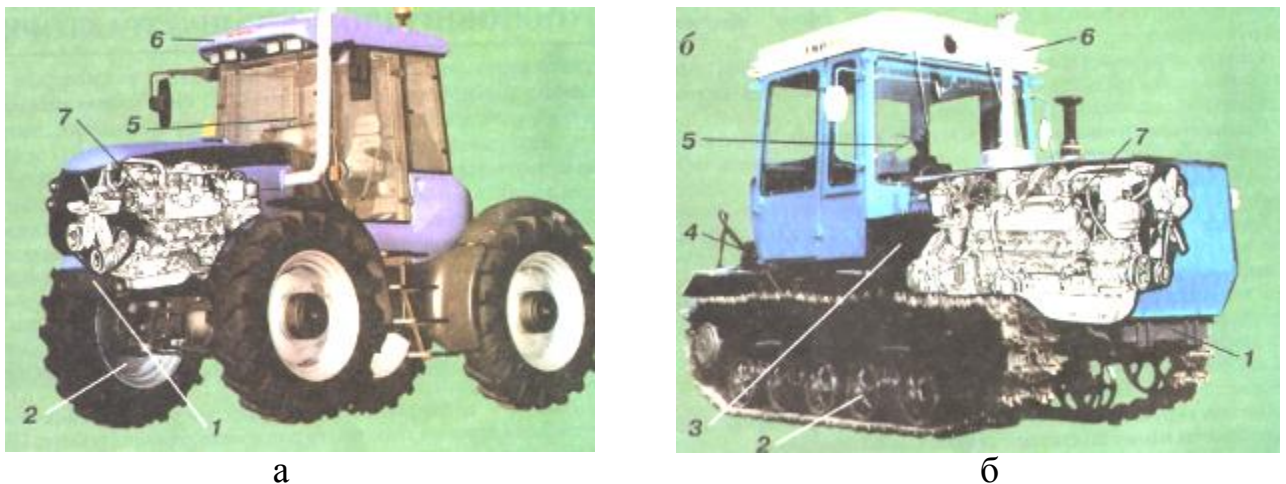


Рис. 1.1. Основні частини трактора:  
а – колісний трактор; б – гусеничний трактор;  
1 – озов; 2 – ходова частина; 3 – трансмісія; 4 – робоче обладнання;  
5 – органи керування; 6 – допоміжне обладнання; 7 – двигун

**Двигун** — це енергетичний пристрій, енергія якого використовується для приводу трактора та виконання корисної роботи. На сучасних тракторах енергетичним пристроєм є поршневий двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). ДВЗ перетворює теплову енергію палива, що згоряє в його циліндрах, у механічну роботу — обертальний рух колінчастого валу.

**Силова передача (трансмiсія)** призначена для передачі обертального руху та крутного моменту від двигуна до ходової частини та зміни їх за величиною та напрямом.

Складається силова передача з муфти зчеплення, проміжного з'єднання, або карданної передачі, коробки передач, головної передачі, диференціала (колісні трактори) або планетарного механізму чи муфт керування (гусеничні трактори), а також кінцевої передачі.

**Ходова частина** підтримує остов, перетворює обертальний рух коліс або зірочок у поступальний рух трактора та пом'якшує удари від нерівностей поля чи дороги.

У колісних тракторів ходова частина складається з рами, задніх ведучих й передніх напрямних коліс та елементів, що з'єднують колеса з остовом. У гусеничних тракторів ходова частина складається з рами, опорних котків і підтримуючих роликів, ведучих зірочок, натяжних коліс і гусениць.

**Органи керування** призначені для керування трактором, встановленими на ньому агрегатами та робочим обладнанням.

До органів керування належать: рульове колесо або важелі муфт поворотів чи планетарного механізму, педалі й важелі гальм, важелі переключення передач й діапазонів, педалі муфт зчеплення, важелі розподільників гідравлічних систем та інші.

**Робоче обладнання** трактора призначене для використання потужності його двигуна, а також приведення в дію механізмів навісних, напівнавісних, причіпних і стаціонарних машин, для приєднання машин, причепів і напівпричепів, для накачування шин.

До робочого обладнання належать: гідравлічна система з механізмом навішування, виносними циліндрами і донавантажувачем ведучих коліс, причіпний пристрій, гідрофікований гак, вали відбору потужності (ВВП), шків та компресор.

**Допоміжне обладнання** забезпечує трактористу комфортні умови роботи. До нього відноситься кабіна з пристроями опалення і вентиляції,

м'яким сидінням, приладами освітлення і сигналізації, змивачами скла, склоочисника, контрольними приладами, кондиціонер тощо.

**Електричне обладнання** призначене для пуску двигуна, освітлення і сигналізації.

Для забезпечення ефективного використання тракторів на сільськогосподарських роботах у різних ґрунтово-кліматичних зонах та галузях господарства потрібно, щоб їх конструкції були різноманітними. Промисловість випускає трактори різних типів і конструкцій [22].

Трактори класифікують за такими основними ознаками [2, 7, 8, 22]: призначенням, типом остова та ходової частини, номінальним тяговим зусиллям.

За призначенням сільськогосподарські трактори поділяють на універсально-просапні, орно-просапні, спеціалізовані та трактори загального призначення.

За типом остова розрізняють рамні, напіврамні та безрамні трактори.

За типом ходової частини розрізняють гусеничні, колісні і колісно-гусеничні трактори.

За типом ходової частини трактори поділяються на гусеничні і колісні [8]. Питомий тиск гусеничного трактора на ґрунт набагато менший, ніж у колісних тракторів, що дає можливість працювати такими тракторами в умовах зволжених ґрунтів і починати весняні роботи на кілька днів раніше, ніж колісними. Гусеничні трактори у порівнянні з колісними менше буксують і менше ущільнюють ґрунт [13, 16]. Проте гусеничні трактори значно важчі від колісних, складніші за будовою і дорожчі у виготовленні і експлуатації.

Для поліпшення використання колісних тракторів на зволжених ґрунтах заводи випускають як додаткове обладнання спрощену гусеницю. Трактори, обладнані такими гусеницями, називаються «напівгусеничними».

Колісні трактори можна використовувати на дорогах загального користування, вони можуть розвивати велику швидкість. Проте їх сила зчеплення з ґрунтом обмежена, а отже обмежена і сила тяги. На рихлому ґрунті

такі трактори можуть пробуксовувати. Для усунення цього недоліку були створені трактори з приводом на всі колеса, проте такі машини відрізняються великою вагою і при русі по полю вони досить сильно ущільнюють ґрунт. Для зниження тиску на ґрунт ширина шин тракторів останнім часом збільшується. Колісні трактори мають перед гусиничними перевагу в маневреності, швидкості але поступають в силовій тязі.

Гусеничні трактори мають більшу силу тяги в порівнянні з колісними. Основний недолік більшості гусеничних тракторів – неможливість переміщення по асфальтованих дорогах без руйнування покриття, виняток становлять трактори з гумовотросовими гусеницями. Невеликі швидкості руху гусеничних тракторів (30-40 км/год) компенсуються зменшеним тиском на ґрунт внаслідок великої площі контакту з ґрунтом за такої ж маси, що і у колісного трактора. Гусеничні трактори широко застосовуються в сільському господарстві на слабонесучих ґрунтах та в промисловості через свою непримхливість.

Головною класифікаційною ознакою трактора є номінальне тягове зусилля. Це найбільше тягове зусилля, яке забезпечує трактор на стерні середньої щільності та нормальної вологості ґрунту при допустимому буксуванні. Для колісних тракторів 4К2 допустиме буксування не повинне перевищувати 16%, колісних тракторів 4К4 - 14%, гусеничних - 3%.

**Типаж тракторів** – це технологічно й економічно обґрунтована сукупність їх моделей [14, 22]. Виділяють класи, в кожному з яких є базова модель або її модифікація. Складається типаж з певного числа базових моделей та достатньої кількості модифікацій для забезпечення ефективної роботи тракторів у специфічних умовах сільськогосподарського виробництва.

## **1.2. Особливості вітчизняного тракторобудування**

Первісток українського тракторобудування "Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе" - найкрупніше і єдине в Україні та країнах СНД



підприємство по виробництву уніфікованих гусеничних і колісних сільськогосподарських тракторів загального призначення, орно-просапних і універсальних [14, 19].

За роки свого існування, починаючи з 25 серпня 1931 року, коли було випущено перший колісний трактор заводом випущено понад 3 млн. тракторів різних моделей і модифікацій.

Продукція заводу призначена для задоволення потреб сільського господарства під час виконання енергоємких робіт в рослинництві, на транспорті, навантажувально - розвантажувальних роботах народного господарства та інших галузей.

Основна продукція [19]:

- трактори гусеничні та колісні загального призначення, промислові, лісотехнічні, орно-просапні тягового класу 3,0-5,0;
- бульдозери гусеничні та колісні,
- навантажувачі фронтальні,
- трактори колісні малої потужності,
- запасні частини до тракторів всіх модифікацій.

В нових умовах формування економічних відносин на селі, першочергове значення має поєднання високої якості, надійності машин і прийнятної ціни.

Для вирішення цих вимог "ХТЗ" істотно модернізував серійні моделі колісних тракторів Т-150К та гусеничних - Т-150, розробило і здійснює виробництво серії принципово нових моделей орно-просапних тракторів і тракторів загального призначення. Широко відомі Т-150К та Т-150, основні елементи яких в процесі тривалого виробництва успішно відпрацьовані конструктивно і технологічно, доповнили трактори Т-150К-09 та Т-150-09 з двигунами ЯМЗ-236ДЗ, які можуть бути оснащені бульдозерним обладнанням і поряд з основним призначенням як сільськогосподарський трактор можуть використовуватись на різних дорожніх та будівельних роботах, на заготовках кормів, виконувати транспортні роботи.

### 1.3. Аналіз тракторів тягового класу 3,0

Враховуючи зростаючі вимоги споживачів, впровадження більш удосконалених технологій вирощування сільськогосподарських культур, "ХТЗ" постійно займається створенням енергонасичених тракторів загального призначення тягового класу 3,0 в конструкціях яких особливу увагу приділено розробці надійних трансмісій, створення умов для роботи трактористів, використання двигунів з урахуванням наявності виробничої та ремонтної бази у споживачів.

Широко відомі Т-150К та Т-150, основні елементи яких в процесі тривалого виробництва успішно відпрацьовані конструктивно і технологічно, доповнили трактори ХТЗ-150К-09 (рис. 1.2) та ХТЗ-150-09 (рис. 1.3) з двигунами ЯМЗ-236Д, які можуть бути оснащені бульдозерним обладнанням і поряд з основним призначенням як сільськогосподарський трактор можуть використовуватись на різних дорожніх та будівельних роботах, на заготовках кормів, виконувати транспортні роботи.



Рис. 1.2. Трактор ХТЗ-150К-09



Рис. 1.3. Трактор ХТЗ-150-09

Колісний сільськогосподарський трактор загального призначення ХТЗ-150К-09 (рис. 1.2) призначений [9, 15] для виконання енергоємних сільськогосподарських робіт: оранки, суцільної культивуації, боронування, посіву і збирання зернових та технічних культур, транспортних робіт із причепами вантажопідйомністю до 20 тонн.

Трактор ХТЗ-150К-09 знайшов широке застосування в сільському господарстві, відрізняючись високою пристосованістю до виконання транспортних робіт, широко використовуються в течії всього року. Технічна характеристика трактора ХТЗ-150К-09 наведена в таблиці 1.1.

Технічна характеристика колісного ХТЗ-150К-09 і  
гусеничного ХТЗ-150-09 тракторів

Загальні данні	ХТЗ-150К-09	ХТЗ-150-09
<b>Двигун</b>		
Модель	ЯМЗ-236Д	
Виготовник	Автодизель	
Потужність номінальна, кВт (к.с.)	128,7 (175)	
Частота обертання номінальна, об/хв	2100	
Кількість циліндрів, шт.	6	
Розташування циліндрів	V - подібне	
Диаметр циліндра, мм	130	
Хід поршня, мм	140	
Робочий об'єм, л	11,15	
Система пуску	електростартер	
Питома витрата палива при номінальній потужності, г/кВт·год	220	
<b>Трансмсія</b>		
Муфта зчеплення	Суха дводискова	
Коробка передач	Механічна, гідруправляема, яка перемикається на ходу під навантаженням в межах кожного діапазона	
Кількість діапазонів / передач		
- переднього ходу	3/12	3/9
- заднього ходу	1/4	1/3
Швидкість руху, км/год		
- переднього ходу		
I діапазон	3,36-6,03	4,26-5,88
II діапазон	7,08-12,67	6,72-9,28
III діапазон	16,27-30,008	11,09-15,31
- заднього ходу	5,10-9,14	5,74-7,93
Головні передачі	Конічні з самоблокуючими диференціалами	Конічні зі спіральним зубом
Кінцеві передачі	Планетарні	
<b>Вал відбору потужності</b>		
Тип	Задній незалежний двошвидкісний	
Частота обертання вихідного вала, об/хв	540 і 1000	

<b>Загальні данні</b>	<b>ХТЗ-150К-09</b>	<b>ХТЗ-150-09</b>
<b>Тягові зусилля</b>		
- номінальне, кН	40	
- максимальне, кН	60	
<b>Розміри та маса</b>		
База, мм	2860	1800
Колія, мм	1680 або 1860	1435
<b>Габаритні розміри</b>		
- довжина, мм	6130	5000
- ширина, мм	2406	1880
- висота, мм	3195	2680
Дорожній просвіт, мм	400	300
Маса експлуатаційна, кг	8005	8150
<b>Ходова система</b>		
Колісна формула	4к4	-
Шини	21,3R24 одинарні – 4 колеса здвоєні – 8 колес	-
Максимальний радіус поворота, м	6,5	-
<b>Ємності заправки</b>		
Масло в двигуні, л	26	
Масло коробки передач, л	18	38
Масло в ведучих мостах, л	54	34
Масло в гідросистемі начіпного обладнання, л	38	50
Масло в рульовому управлінні, л	33	
Масло в редукторі вала відбору потужності, л	6,8	3,6
Паливо, л	315	
Охолоджуюча рідина, л	45	41
<b>Гальма</b>		
Остановочні	Колодочні з пневмоприводом на кожне колесо	стрічкові
Стоянкові	Стрічкові з ручним приводом	
<b>Електробладнання</b>		
Акумулятори	6СТ-182ЕМ – 2 шт.	
Напруга, В	12/24	

Трактор ХТЗ-150К-09 виконує енергоємні роботи за традиційними і новими агротехнологіями із широкозахватними сільськогосподарськими знаряддями, машинами з активним приводом і на транспорті.

Традиційно потужний двигун, швелерна шарнірно-зчленована рама, трансмісія типу «power shift» (з перемиканням передач усередині діапазону без розриву потоку потужності), навісний пристрій вантажопідйомністю 4,5 тонни. Полімерний паливний бак, замість сталевого, що значно підвищує довговічність паливної апаратури двигуна. У кабінку трактора додатково встановлені: двошвидкісний вентилятор, розсувне скло двері водія, оригінальний інтер'єр кабіни (декоративна стеля з відсіком для особистих речей, пластикові багатофункціональні панелі дверей, облицювання стійок).

Гусеничний трактора ХТЗ-150-09 (рис. 1.3) призначений [6, 15] для виконання енергоємних сільськогосподарських робіт з обробки ґрунту та збирання врожаю. Широкий діапазон швидкостей без обмеження по тяговому зусиллю дає можливість використовувати трактори на різних сільськогосподарських роботах на раціональних технологічних швидкостях. Технічна характеристика трактора ХТЗ-150-09 наведена в таблиці 1.1.

На тракторі ХТЗ-150-09 встановлений дизель високого технічного рівня: ЯМЗ-236Д-3 Ярославського заводу «Автодизель» РФ.

Модернізована коробка передач із двухпоточною гідросистемою керування гідропідтискними муфтами дозволяє перемикати передачі на ходу без розриву потоку потужності і мати можливість повороту трактора з фіксованими радіусами або за допомогою рульового колеса з будь-яким радіусом повороту.

Кабіна обладнана засобами нормалізації мікроклімату в літній і зимовий періоди. На замовлення споживача встановлюється кондиціонер, що дозволяє поліпшити умови праці.

Поздовжня база трактора забезпечує підвищену плавність ходу та низькі питомі тиски на ґрунт.

З огляду на вищесказане подальші дослідження тягово-енергетичних показників колісних та гусеничних тракторів тягового класу 3,0 та їх порівняльну оцінку при роботі на різних агрофонах будуть проводитися на прикладі колісного ХТЗ-150К-09 та гусеничного ХТЗ-150-09 тракторів.

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

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

Сучасні трактори поділяються на два основних типи: колісні та гусеничні. Колісні трактора найбільш розповсюджені, та мають певні переваги: оперативність, швидкість руху може досягати 50 км/год.; можливість пересуватися по дорогам загального призначення; менші витрати на поточний ремонт. Основний недоліком є переущільнення ґрунту [22]. Гусеничні трактори поділяються на напівгусеничні та гусеничні. До переваг гусеничних рушіїв слід віднести, що сумарна площа гусеничних тракторів у порівнянні з аналогічним показником колісного трактора є більшою у середньому на 40-60%. Відповідно, меншим є тиск на ґрунт багатотонної машини і, як результат, знижується показник ущільнення. Головними перевагами є здатність заходити раніше в поле на початку сезону та максимально довгий час залишатися в полі в кінці сезону [22].

Порівняльний аналіз колісних і гусеничних машин при експлуатації їх у важких дорожніх умовах показує перевагу останніх по таких найважливіших показниках, як прохідність, продуктивність, маневреність, тягово-зчіпні якості, зручність і надійність роботи.

У цьому зв'язку **об'єктом дослідження** у виконуваний роботі є процеси, що відбуваються при роботі колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну їх тягово-енергетичних показників.

**Предмет дослідження** у виконуваній роботі є функціональні залежності, що описують процеси, які відбуваються при роботі колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

**Метою досліджень** даної роботи є дослідження зміни тягово-енергетичних показників колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

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

1. Зробити тяговий розрахунок колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

2. Зробити розрахунок і побудувати теоретичні тягові характеристики колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

3. Зробити аналіз теоретичних тягових характеристик колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах.

4. Розробити карти контролю колісного і гусеничного тракторів тягового класу 3,0 по показниках безпеки.

### **1.5. Висновки по розділу**

Порівняльний аналіз колісних і гусеничних машин при експлуатації їх у важких дорожніх умовах показує перевагу гусеничних по таких основних показниках, як прохідність, продуктивність, маневреність, тягово-зчіпні якості, зручність і надійність роботи. Переваги колісних тракторів полягають у тому, що вони можуть пересуватися по асфальтованих автострадах, не псуючи їх, з досить великою швидкістю. Однак через це в них менше, ніж у гусеничних, зчеплення із ґрунтом, а на пухкій землі вони можуть пробуксовувати і сила тяги в них менше. У цьому зв'язку є необхідним проведення досліджень процесів, що відбуваються при роботі колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 (на прикладі колісного трактора ХТЗ-150К-09 і гусеничного трактора ХТЗ-150-09) при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну їх тягово-енергетичних показників.



## РОЗДІЛ 2.

### ТЯГОВИЙ РОЗРАХУНОК КОЛІСНОГО І ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРІВ ТЯГОВОГО КЛАСУ 3,0 ПРИ РОБОТІ НА РІЗНИХ АГРОФОНАХ

Метою тягового розрахунку трактора є визначення тягово-зчіпних, швидкісних і економічних якостей трактора при прямо лінійному поступальному руху на різних агрофонах.

Тяговий розрахунок трактора виконується для визначення швидкостей руху трактора по передачах, що забезпечують досліджуваному трактору задані тягові якості [6, 10, 21, 23] при роботі на різних агрофонах.

Тяговий розрахунок трактора в умовах роботи на різноманітних ґрунтах виконується на прикладі колісного трактора ХТЗ-150К-09 і гусеничного трактора ХТЗ-150-09, технічна характеристика яких 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 [17, 18, 23].

Максимальна експлуатаційна маса трактора  $m_{\max}$ , кг визначається з рівняння

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

де  $P_{крн}$  – номінальна сила тяги на кріюку,  $P_{крн} = 40 \text{ кН}$ ;

$\varphi_k$  – коефіцієнт використання зчіпної ваги колісного та гусеничного тракторів, відповідно на:

- перелігу  $\varphi_k = 0,65$ ;  $\varphi_k = 1,0$ ;
- стерні  $\varphi_k = 0,7$ ;  $\varphi_k = 0,9$ ;
- злежаній оранці  $\varphi_k = 0,5$ ;  $\varphi_k = 0,7$ ;

- поораному полі  $\varphi_k=0,6$ ;  $\varphi_k=0,75$ ;
- полі, підготовленому під посів  $\varphi_k=0,45$ ;  $\varphi_k=0,65$ ;
- болотно-торф'яній цілині  $\varphi_k=0,35$ ;  $\varphi_k=0,5$ ;

$f$  – коефіцієнт опору коченню колісного та гусеничного тракторів, відповідно на:

- перелігу  $f = 0,07$ ;  $f = 0,065$
- стерні  $f = 0,09$ ;  $f = 0,07$
- злежаній оранці  $f = 0,11$ ;  $f = 0,08$
- поораному полі  $f = 0,14$ ;  $f = 0,09$
- полі, підготовленому під посів  $f = 0,17$ ;  $f = 0,11$
- болотно-торф'яній цілині  $f = 0,19$ ;  $f = 0,13$ .

Максимальна експлуатаційна маса колісного і гусеничного тракторів, відповідно на:

– перелігу

$$m_{\max \kappa(f=0,07)} = \frac{40000}{(0,65 \cdot 1 - 0,07) \cdot 9,81} = 7030 \text{ кг};$$

$$m_{\max \kappa(f=0,065)} = \frac{40000}{(1,0 \cdot 1 - 0,065) \cdot 9,81} = 4361 \text{ кг};$$

– стерні

$$m_{\max \kappa(f=0,09)} = \frac{40000}{(0,7 \cdot 1 - 0,09) \cdot 9,81} = 6684 \text{ кг};$$

$$m_{\max \kappa(f=0,07)} = \frac{40000}{(0,9 \cdot 1 - 0,07) \cdot 9,81} = 4913 \text{ кг};$$

– злежаній оранці

$$m_{\max \kappa(f=0,11)} = \frac{40000}{(0,5 \cdot 1 - 0,11) \cdot 9,81} = 10455 \text{ кг};$$

$$m_{\max \kappa(f=0,08)} = \frac{40000}{(0,7 \cdot 1 - 0,08) \cdot 9,81} = 6577 \text{ кг};$$

– поораному полі

$$m_{\max \kappa(f=0,14)} = \frac{40000}{(0,6 \cdot 1 - 0,14) \cdot 9,81} = 8864 \text{ кг};$$

$$m_{\max z(f=0,09)} = \frac{40000}{(0,75 \cdot 1 - 0,09) \cdot 9,81} = 6178 \text{ кг};$$

– полі, підготовленому під посів

$$m_{\max \kappa(f=0,17)} = \frac{40000}{(0,45 \cdot 1 - 0,17) \cdot 9,81} = 14562 \text{ кг};$$

$$m_{\max z(f=0,11)} = \frac{40000}{(0,65 \cdot 1 - 0,11) \cdot 9,81} = 7551 \text{ кг};$$

– болотно-торф'яній цілині

$$m_{\max \kappa(f=0,19)} = \frac{40000}{(0,35 \cdot 1 - 0,19) \cdot 9,81} = 25484 \text{ кг};$$

$$m_{\max z(f=0,13)} = \frac{40000}{(0,5 \cdot 1 - 0,11) \cdot 9,81} = 11020 \text{ кг};$$

## 2.2. Визначення номінальної потужності двигуна

Номінальна потужність двигуна  $N_n$ ,  $\text{кВт}$  визначається з рівняння [17, 18]

$$N_n = \frac{(P_{\kappa p_1} + f \cdot G_{\max}) \cdot V_{n_1}}{3600 \cdot \eta_{mp} \cdot \chi_s}, \quad (2.2)$$

де  $V_{n_1}$  – нижча робоча швидкість,  $V_{n_1} = 10 \text{ км/год}$ ;

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

$\chi_s$  – коефіцієнт експлуатаційного навантаження двигуна,  $\chi_s = 0,85$ .

– перелігу

$$N_{n.\kappa(f=0,07)} = \frac{(40000 + 0,07 \cdot 7030 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 154,95 \text{ кВт};$$

$$N_{н.з(f=0,065)} = \frac{(40000 + 0,065 \cdot 4361 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 152,52 \text{ кВт};$$

– стерні

$$N_{н.к(f=0,09)} = \frac{(40000 + 0,09 \cdot 6684 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 154,63 \text{ кВт};$$

$$N_{н.з(f=0,07)} = \frac{(40000 + 0,07 \cdot 4913 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 153,02 \text{ кВт};$$

– злежаній оранці

$$N_{н.к(f=0,11)} = \frac{(40000 + 0,11 \cdot 10455 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 158,07 \text{ кВт};$$

$$N_{н.з(f=0,08)} = \frac{(40000 + 0,08 \cdot 6577 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 154,53 \text{ кВт};$$

– поораному полі

$$N_{н.к(f=0,14)} = \frac{(40000 + 0,14 \cdot 8864 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 156,62 \text{ кВт};$$

$$N_{н.з(f=0,09)} = \frac{(40000 + 0,09 \cdot 6178 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 154,17 \text{ кВт};$$

– полі, підготовленому під посів

$$N_{н.к(f=0,17)} = \frac{(40000 + 0,17 \cdot 14562 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 161,81 \text{ кВт};$$

$$N_{н.з(f=0,11)} = \frac{(40000 + 0,11 \cdot 7551 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 155,42 \text{ кВт};$$

– болотно-торф'яній цілині

$$N_{н.к(f=0,19)} = \frac{(40000 + 0,19 \cdot 25484 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 171,75 \text{ кВт};$$

$$N_{н.з(f=0,13)} = \frac{(40000 + 0,13 \cdot 11020 \cdot 9,81) \cdot 10}{3600 \cdot 0,88 \cdot 0,85} = 158,58 \text{ кВт}.$$

### 2.3. Розрахунок регуляторної характеристики двигуна

Номінальний крутний момент двигуна [17, 18],  $M_n$ ,  $H\cdot m$

$$M_n = 9550 \cdot \frac{N_n}{n_n}, \quad (2.3)$$

де  $N_n$  - номінальна потужність двигуна колісного трактора

$$N_{n_k} = 154,95 \text{ кВт}, \text{ гусеничного} - N_{n_2} = 152,52 \text{ кВт};$$

$n_n$  - номінальна частота обертання колінчатого валу,  $n_n = 2100 \text{ хв}^{-1}$ .

Номінальний крутний момент двигуна,  $M_n$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на перелігу

$$M_{n_k} = 9550 \cdot \frac{154,95}{2100} = 704,65 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{n_2} = 9550 \cdot \frac{152,52}{2100} = 693,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

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

Номінальна годинна витрата палива [17, 18]  $G_{m_n}$ ,  $кг/год$

$$G_{m_n} = 10^{-3} \cdot g_{e_n} \cdot N_n, \quad (2.4)$$

де  $g_{e_n}$  - номінальна питома витрата палива,  $g_{e_n} = 220 \text{ г/кВт}\cdot\text{год}$ .

Номінальна годинна витрата палива  $G_{m_n}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на перелігу

$$G_{m_{n_k}} = 10^{-3} \cdot 220 \cdot 154,95 = 34,09 \text{ кг/год};$$

$$G_{m_{n_2}} = 10^{-3} \cdot 220 \cdot 152,52 = 33,55 \text{ кг/год}.$$

Номінальна годинна витрата палива  $G_{m_n}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі,

підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині визначається аналогічно.

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

$$G_{mx} = (0,25 \dots 0,3) G_{mn} \quad (2.5)$$

Годинна витрата палива на холостому ході  $G_{mx}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на перелігу

$$G_{mx_k} = 0,25 \cdot 34,09 = 8,52 \text{ кг/год};$$

$$G_{mx_2} = 0,25 \cdot 33,55 = 8,39 \text{ кг/год}.$$

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

Максимальна частота обертання двигуна на холостому ході [17, 18]  $n_{x,x}$ ,  $x\text{в}^{-1}$

$$n_{x,x} = n_n \cdot \frac{2 + \delta_p}{2 - \delta_p} \quad (2.6)$$

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

$$n_{x,x_k} = 2100 \cdot \frac{2 + 0,06}{2 - 0,06} = 2230 \text{ } x\text{в}^{-1}.$$

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, $n$ , $x\text{в}^{-1}$	$0,5 \cdot n_n$	$0,6 \cdot n_n$	$0,7 \cdot n_n$	$0,8 \cdot n_n$	$0,9 \cdot n_n$	$n_n$	$n_{x,x}$
Потужність двигуна ефективна, $N_e$ , кВт	$0,53 \cdot N_n$	$0,67 \cdot N_n$	$0,78 \cdot N_n$	$0,87 \cdot N_n$	$0,95 \cdot N_n$	$N_n$	–
Крутний момент, $M_\delta$ , Н·м	$1,06 \cdot M_n$	$1,11 \cdot M_n$	$1,10 \cdot M_n$	$1,09 \cdot M_n$	$1,06 \cdot M_n$	$M_n$	–
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, $n$ , $xв^{-1}$		$0,5 \cdot n_n$	$0,6 \cdot n_n$	$0,7 \cdot n_n$	$0,8 \cdot n_n$	$0,9 \cdot n_n$	$n_n$	$n_{x.x}$
Частота обертання вала двигуна, $n$ , $xв^{-1}$		1050	1260	1470	1680	1890	2100	2230
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Переліг</b>								
Потужність двигуна ефективна, $кВт$	$N_{e_k(f=0,07)}$	82,12	103,82	120,86	134,81	147,2	154,95	–
	$N_{e_z(f=0,065)}$	80,84	102,19	118,97	132,69	144,89	152,52	–
Крутний момент, $Н·м$	$M_{\partial_k(f=0,07)}$	746,93	782,16	775,12	768,07	746,93	704,65	–
	$M_{\partial_z(f=0,065)}$	735,22	769,9	762,96	756,02	735,22	693,6	–
Годинна витрата палива, $кг/ч$	$G_{m_k(f=0,07)}$	21,14	24,89	27,95	30,34	32,39	34,09	8,52
	$G_{m_z(f=0,065)}$	20,8	24,49	27,51	29,86	31,87	33,55	8,39
<b>Стерня</b>								
Потужність двигуна ефективна, $кВт$	$N_{e_k(f=0,09)}$	81,95	103,6	120,61	134,53	146,9	154,63	–
	$N_{e_z(f=0,07)}$	81,1	102,52	119,36	133,13	145,37	153,02	–
Крутний момент, $Н·м$	$M_{\partial_k(f=0,09)}$	745,39	780,55	773,52	766,49	745,39	703,2	–
	$M_{\partial_z(f=0,07)}$	737,63	772,43	765,47	758,51	737,63	695,88	–
Годинна витрата палива, $кг/ч$	$G_{m_k(f=0,09)}$	21,09	24,83	27,9	30,28	32,32	34,02	8,51
	$G_{m_z(f=0,07)}$	20,87	24,57	27,6	29,96	31,98	33,66	8,42
<b>Злежана оранка</b>								
Потужність двигуна ефективна, $кВт$	$N_{e_k(f=0,11)}$	83,78	105,91	123,29	137,52	150,17	158,07	–
	$N_{e_z(f=0,08)}$	81,9	103,54	120,53	134,44	146,8	154,53	–
Крутний момент, $Н·м$	$M_{\partial_k(f=0,11)}$	761,97	797,91	790,72	783,54	761,97	718,84	–
	$M_{\partial_z(f=0,08)}$	744,9	780,04	773,01	765,99	744,9	702,74	–
Годинна витрата палива, $кг/ч$	$G_{m_k(f=0,11)}$	21,56	25,39	28,52	30,95	33,04	34,78	8,7
	$G_{m_z(f=0,08)}$	21,08	24,82	27,88	30,26	32,3	34	8,5
<b>Пооране поле</b>								
Потужність двигуна ефективна, $кВт$	$N_{e_k(f=0,14)}$	83,01	104,94	122,16	136,26	148,79	156,62	–
	$N_{e_z(f=0,09)}$	81,71	103,29	120,25	134,13	146,46	154,17	–
Крутний момент, $Н·м$	$M_{\partial_k(f=0,14)}$	754,99	790,6	783,48	776,35	754,99	712,25	–
	$M_{\partial_z(f=0,09)}$	743,18	778,23	771,22	764,21	743,18	701,11	–
Годинна витрата палива, $кг/ч$	$G_{m_k(f=0,14)}$	21,37	25,16	28,26	30,67	32,74	34,46	8,62
	$G_{m_z(f=0,09)}$	21,03	24,76	27,81	30,19	32,22	33,92	8,48

1		2	3	4	5	6	7	8
<b>Поле, підготовлене під посів</b>								
Потужність двигуна ефективна, кВт	$N_{e_k(f=0,17)}$	85,76	108,41	126,21	140,77	153,72	161,81	–
	$N_{e_z(f=0,11)}$	82,37	104,13	121,23	135,22	147,65	155,42	–
Крутний момент, Н·м	$M_{\partial_k(f=0,17)}$	780	816,79	809,44	802,08	780	735,85	–
	$M_{\partial_z(f=0,11)}$	749,2	784,54	777,47	770,4	749,2	706,79	–
Годинна витрата палива, кг/ч	$G_{m_k(f=0,17)}$	22,07	25,99	29,19	31,68	33,82	35,6	8,9
	$G_{m_z(f=0,11)}$	21,2	24,96	28,04	30,43	32,48	34,19	8,55
<b>Болотно-торф'яна цілина</b>								
Потужність двигуна ефективна, кВт	$N_{e_k(f=0,19)}$	91,03	115,07	133,97	149,42	163,16	171,75	–
	$N_{e_z(f=0,13)}$	84,05	106,25	123,69	137,96	150,65	158,58	–
Крутний момент, Н·м	$M_{\partial_k(f=0,19)}$	827,91	866,97	859,16	851,34	827,91	781,05	–
	$M_{\partial_z(f=0,13)}$	764,43	800,49	793,28	786,06	764,43	721,16	–
Годинна витрата палива, кг/ч	$G_{m_k(f=0,19)}$	23,43	27,59	30,99	33,63	35,9	37,79	9,45
	$G_{m_z(f=0,13)}$	21,63	25,47	28,61	31,05	33,15	34,89	8,72

За значеннями таблиці 2.2 будується регуляторна характеристика двигуна колісного та гусеничного тракторів при роботі на різних агрофонах (рис. 2.1).

#### 2.4. Визначення швидкостей руху трактора і тягових зусиль

Для кожного класу трактора існує визначений діапазон тягових навантажень  $\delta_m$ , утворюваний агрегатуємими сільськогосподарськими машинами. Для забезпечення економічної роботи трактора у всьому діапазоні тягових навантажень необхідно змінювати передаточне число трансмісії таким чином, щоб при різноманітних значеннях дотичної сили на рушіях крутний момент на валу двигуна був у зоні мінімальних питомих витрат палива [10, 17, 18, 23]. Крутні моменти двигуна змінюються в однакових межах при роботі трактора на всіх передачах, якщо робочі швидкості підбираються за принципом геометричної прогресії.



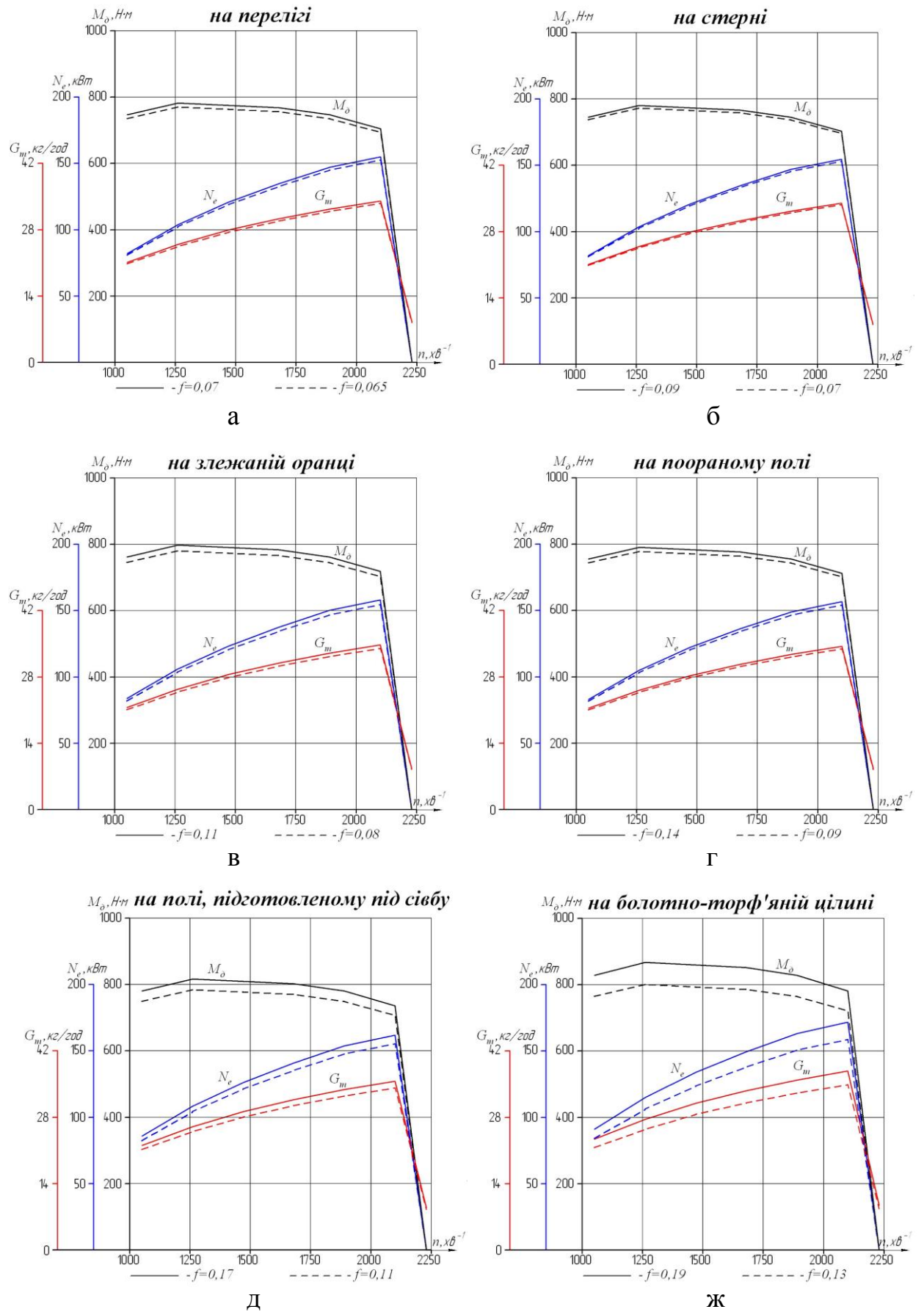


Рис. 2.1. Регуляторна характеристика двигуна при роботі колісного та гусеничного тракторів на:  
 а – перелізі; б – стерні; в – злежаній оранці; г – поораному полі;  
 д – полі, підготовленому під посів; ж – болотно-торф'яній цілині

Знаменник геометричної прогресії  $q$  на перелігу [17, 18]:

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{P_{крn1} + f \cdot m_{max} \cdot g}{\frac{P_{крn1}}{\delta_m} + f \cdot 0,92 \cdot m_{max} \cdot g}}, \quad (2.7)$$

де:  $P_{крn1}$  – номінальне тягове зусилля на кривоку на першій передачі для колісного і гусеничного тракторів  $P_{крn1} = 40 \text{ кН}$ ;

$m_{max}$  – експлуатаційна маса колісного трактора  $m_{max} = 7030 \text{ кг}$ , гусеничного трактора  $m_{max} = 4361 \text{ кг}$ ;

$m_{min}$  – конструкційна маса трактора,  $m_{min} = 0,92 \cdot m_{max}$ , кг;

$\delta_m$  – тяговий діапазон трактора,  $\delta_m = 2$ ;

$z$  – кількість основних робочих передач,  $z = 4$ ;

$f$  – коефіцієнт опору коченню колісного та гусеничного тракторів, відповідно.

Знаменник геометричної прогресії  $q$  при роботі на перелігу:

– колісного трактора –  $q_{(f=0,07)} = \sqrt[3]{\frac{40000 + 0,07 \cdot 7030 \cdot 9,81}{\frac{40000}{2} + 0,07 \cdot 0,92 \cdot 7030 \cdot 9,81}} = 1,25$ ;

– гусеничного трактора –  $q_{(f=0,065)} = \sqrt[3]{\frac{40000 + 0,065 \cdot 4361 \cdot 9,81}{\frac{40000}{2} + 0,065 \cdot 0,92 \cdot 4361 \cdot 9,81}} = 1,25$ .

Знаменник геометричної прогресії  $q$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Робочі швидкості руху по передачах [17, 18]  $V_{ni}$ , км/год.

$$V_{n2} = V_{n1} \cdot q; \quad V_{n3} = V_{n1} \cdot q^2; \quad V_{n4} = V_{n1} \cdot q^3; \quad (2.8)$$

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

Робочі швидкості руху по передачах  $V_{ni}$  при роботі на перелігу:

– колісного трактора

$$V_{n2(f=0,07)} = 10 \cdot 1,25 = 12,5 \text{ км/год};$$

$$V_{n3(f=0,07)} = 10 \cdot 1,25^2 = 15,63 \text{ км/год};$$

$$V_{n4(f=0,07)} = 10 \cdot 1,25^3 = 19,53 \text{ км/год};$$

– гусеничного трактора

$$V_{n2(f=0,065)} = 10 \cdot 1,25 = 12,5 \text{ км/год};$$

$$V_{n3(f=0,065)} = 10 \cdot 1,25^2 = 15,63 \text{ км/год};$$

$$V_{n4(f=0,065)} = 10 \cdot 1,25^3 = 19,53 \text{ км/год}.$$

Робочі швидкості руху по передачах  $V_{n_i}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Радіус кочення ведучих коліс [17, 18]  $r_k, \text{ м}$

$$r_k = 0,0254 \cdot \left( \frac{d}{2} + k \cdot B \right), \quad (2.9)$$

де  $d$  – діаметр обіду шини в дюймах,  $d = 24$

$B$  – ширина профілю шини в дюймах,  $B = 21,3$ ;

$k$  – коефіцієнт усадки шин,  $k = 0,8$ .

$$r_k = 0,0254 \cdot \left( \frac{24}{2} + 0,8 \cdot 21,3 \right) = 0,738 \text{ м}.$$

Радіус ведучої зірочки  $r_z = 0,379 \text{ м}$ .

Передаточне число трансмісії нижчої передачі визначається з формули робочої швидкості на нижчій передачі [17, 18]:

– колісного трактора

$$V_{n_1} = 0,377 \frac{r_k \cdot n_n}{i_{mр_1}}; \quad (2.10)$$

– гусеничного трактора

$$V_{n_1} = 0,377 \frac{r_3 \cdot n_n}{i_{mp_1}}.$$

Звідси передаточне число трансмісії нижчої передачі буде визначатися за рівнянням:

– для колісного трактора

$$i_{mp_1} = 0,377 \frac{r_k \cdot n_n}{V_{n_1}}; \quad (2.11)$$

$$i_{mp_1} = 0,377 \cdot \frac{0,738 \cdot 2100}{10} = 58,43;$$

– для гусеничного трактора

$$i_{mp_1} = 0,377 \frac{r_3 \cdot n_n}{V_{n_1}};$$

$$i_{mp_1} = 0,377 \cdot \frac{0,379 \cdot 2100}{10} = 30,01.$$

Тому що, робочій швидкості на нижчій передачі відповідає передаточне відношення трансмісії нижчої передачі, і навпаки [17, 18], тобто

$$\frac{V_{n_z}}{V_{n_1}} = \frac{i_{mp_1}}{i_{mp_z}} = q, \quad (2.12)$$

то можна записати, що

$$\frac{i_{mp_2}}{i_{mp_1}} = \frac{i_{mp_3}}{i_{mp_2}} = \dots = \frac{i_{mp_z}}{i_{mp_{z-1}}} = \frac{1}{q}.$$

Звідси, передаточні числа трансмісії по передачах будуть дорівнювати

$$i_{mp_2} = \frac{i_{mp_1}}{q}, \quad i_{mp_3} = \frac{i_{mp_1}}{q^2}, \quad i_{mp_z} = \frac{i_{mp_1}}{q^{z-1}}. \quad (2.13)$$

Передаточні числа трансмісії по передачах при роботі на перелігу:

– колісного трактора

$$i_{mp2(f=0,07)} = \frac{58,43}{1,25} = 46,74;$$

$$i_{mp3(f=0,07)} = \frac{58,43}{1,25^2} = 37,4;$$

$$i_{mp4(f=0,07)} = \frac{58,43}{1,25^3} = 29,92.$$

– гусеничного трактора

$$i_{mp2(f=0,065)} = \frac{30,01}{1,25} = 24,01;$$

$$i_{mp3(f=0,065)} = \frac{30,01}{1,25^2} = 19,21;$$

$$i_{mp4(f=0,065)} = \frac{30,01}{1,25^3} = 15,37.$$

Передаточні числа трансмісії по передачах при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Номінальна дотична сила тяги по передачах [17, 18]  $P_{\kappa_n}$ ,  $H$

$$P_{\kappa_{ni}} = \frac{M_n \cdot i_{mp_i} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (2.14)$$

де:  $M_n$  - номінальний крутний момент двигуна колісного трактора

$$M_{n_k} = 704,65 H \cdot m, \text{ гусеничного - } M_{n_2} = 693,6 H \cdot m.$$

Номінальна дотична сила тяги по передачах  $P_{\kappa_n}$  при роботі на перелігу:

– колісного трактора

$$P_{\kappa_{n1}(f=0,07)} = \frac{704,65 \cdot 58,43 \cdot 0,88}{0,738} = 49095 H;$$

$$P_{\kappa_{n2}(f=0,07)} = \frac{704,65 \cdot 46,74 \cdot 0,88}{0,738} = 39272 H;$$

$$P_{\kappa_{n3}(f=0,07)} = \frac{704,65 \cdot 37,4 \cdot 0,88}{0,738} = 31425 H;$$

$$P_{\kappa_{n4}(f=0,07)} = \frac{704,65 \cdot 29,92 \cdot 0,88}{0,738} = 25140 H;$$

– гусеничного трактора

$$P_{K_{H1}(f=0,065)} = \frac{693,6 \cdot 30,01 \cdot 0,88}{0,379} = 48330 \text{ H};$$

$$P_{K_{H2}(f=0,065)} = \frac{693,6 \cdot 24,01 \cdot 0,88}{0,379} = 38667 \text{ H};$$

$$P_{K_{H3}(f=0,065)} = \frac{693,6 \cdot 19,21 \cdot 0,88}{0,379} = 30937 \text{ H};$$

$$P_{K_{H4}(f=0,065)} = \frac{693,6 \cdot 15,37 \cdot 0,88}{0,379} = 24753 \text{ H}.$$

Номінальна дотична сила тяги по передачах  $P_{K_n}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Максимальна дотична сила тяги по передачах [17, 18]  $P_{K_{\max}}$ , H

$$P_{K_{\max i}} = \frac{M_{\max} \cdot i_{mp_i} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (2.15)$$

де:  $M_{\max}$  – максимальний крутний момент двигуна колісного трактора

$$M_{\max_k} = 782,16 \text{ H}\cdot\text{м}, \text{ гусеничного - } M_{\max_2} = 769,9 \text{ H}\cdot\text{м};$$

Максимальна дотична сила тяги по передачах  $P_{K_{\max}}$  при роботі на перелігу:

– колісного трактора

$$P_{K_{\max 1}(f=0,07)} = \frac{782,16 \cdot 58,43 \cdot 0,88}{0,738} = 54495 \text{ H};$$

$$P_{K_{\max 2}(f=0,07)} = \frac{782,16 \cdot 46,74 \cdot 0,88}{0,738} = 43592 \text{ H};$$

$$P_{K_{\max 3}(f=0,07)} = \frac{782,16 \cdot 37,4 \cdot 0,88}{0,738} = 34881 \text{ H};$$

$$P_{K_{\max 4}(f=0,07)} = \frac{782,16 \cdot 29,92 \cdot 0,88}{0,738} = 27905 \text{ H};$$

– гусеничного трактора

$$P_{K_{\max 1}(f=0,065)} = \frac{769,9 \cdot 30,01 \cdot 0,88}{0,379} = 53647 \text{ H};$$

$$P_{\kappa_{\max 2}(f=0,065)} = \frac{769,9 \cdot 24,01 \cdot 0,88}{0,379} = 42921 H;$$

$$P_{\kappa_{\max 3}(f=0,065)} = \frac{769,9 \cdot 19,21 \cdot 0,88}{0,379} = 34340 H;$$

$$P_{\kappa_{\max 4}(f=0,065)} = \frac{769,9 \cdot 15,37 \cdot 0,88}{0,379} = 27476 H.$$

Максимальна дотична сила тяги по передачах  $P_{\kappa_{\max}}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Сила опору коченню [17, 18]  $P_f, H$

$$P_f = f \cdot m_{\max} \cdot g \quad (2.16)$$

де:  $f$  – коефіцієнт опору коченню,

$g$  – прискорення вільного падіння.

Сила опору коченню  $P_f$  при роботі на:

– перелігу

колісного трактора –  $P_{f(f=0,07)} = 0,07 \cdot 7030 \cdot 9,81 = 4827,5 H;$

гусеничного трактора –  $P_{f(f=0,065)} = 0,065 \cdot 4361 \cdot 9,81 = 2780,79 H;$

– стерні

колісного трактора –  $P_{f(f=0,09)} = 0,09 \cdot 6684 \cdot 9,81 = 5901,3 H;$

гусеничного трактора –  $P_{f(f=0,07)} = 0,07 \cdot 4913 \cdot 9,81 = 3373,76 H;$

– злежаній оранці

колісного трактора –  $P_{f(f=0,11)} = 0,11 \cdot 10455 \cdot 9,81 = 11281,99 H;$

гусеничного трактора –  $P_{f(f=0,08)} = 0,08 \cdot 6577 \cdot 9,81 = 5161,63 H;$

– поораному полі

колісного трактора –  $P_{f(f=0,14)} = 0,14 \cdot 8864 \cdot 9,81 = 12173,82 H;$

гусеничного трактора –  $P_{f(f=0,09)} = 0,09 \cdot 6178 \cdot 9,81 = 5454,56 H;$

– полі, підготовленому під посів

- колісного трактора –  $P_{f(f=0,17)} = 0,17 \cdot 14562 \cdot 9,81 = 24285,05 \text{ H};$
- гусеничного трактора –  $P_{f(f=0,11)} = 0,11 \cdot 7551 \cdot 9,81 = 8148,28 \text{ H};$
- болотно-торф'яній цілині
- колісного трактора –  $P_{f(f=0,19)} = 0,19 \cdot 25484 \cdot 9,81 = 47499,63 \text{ H};$
- гусеничного трактора –  $P_{f(f=0,125)} = 0,13 \cdot 11020 \cdot 9,81 = 14053,81 \text{ H}.$

Номінальна сила тяги на крйку по передачах [17, 18]  $P_{кр_n}, \text{ H}$

$$P_{кр_{n_i}} = P_{к_{n_i}} - P_f. \quad (2.17)$$

Номінальна сила тяги на крйку по передачах  $P_{кр_n}$  при роботі на перелігу:

- колісного трактора

$$P_{кр_{n1}(f=0,07)} = 49095 - 4827,5 = 44268 \text{ H};$$

$$P_{кр_{n2}(f=0,07)} = 39272 - 4827,5 = 34445 \text{ H};$$

$$P_{кр_{n3}(f=0,07)} = 31425 - 4827,5 = 26598 \text{ H};$$

$$P_{кр_{n4}(f=0,07)} = 25140 - 4827,5 = 20313 \text{ H};$$

- гусеничного трактора

$$P_{кр_{n1}(f=0,065)} = 48330 - 2780,79 = 45549 \text{ H};$$

$$P_{кр_{n2}(f=0,065)} = 38667 - 2780,79 = 35886 \text{ H};$$

$$P_{кр_{n3}(f=0,065)} = 30937 - 2780,79 = 28156 \text{ H};$$

$$P_{кр_{n4}(f=0,065)} = 24753 - 2780,79 = 21972 \text{ H}.$$

Номінальна сила тяги на крйку по передачах  $P_{кр_n}$  при роботі колісного та гусеничного тракторів на стерні, злежаній оранці, поораному полі, полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині розраховується аналогічно.

Максимальна дотична сила тяги по передачах [17, 18]  $P_{кр_{max}}, \text{ H}$

$$P_{кр_{max_i}} = P_{к_{max_i}} - P_f. \quad (2.18)$$

Максимальна дотична сила тяги по передачах  $P_{кр_{max}}$  при роботі на перелігу:



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Порівняльний аналіз колісних і гусеничних машин при експлуатації їх у важких дорожніх умовах показує перевагу гусеничних по таких основних показниках, як прохідність, продуктивність, маневреність, тягово-зчіпні якості, зручність і надійність роботи. Переваги колісних тракторів полягають у тому, що вони можуть пересуватися по асфальтованих автострадах, не псуючи їх, з досить великою швидкістю. Однак через це в них менше, ніж у гусеничних, зчеплення із ґрунтом, а на пухкій землі вони можуть пробуксовувати і сила тяги в них менше. У цьому зв'язку є необхідним проведення досліджень процесів, що відбуваються при роботі колісних і гусеничних тракторів тягового класу 3,0 (на прикладі колісного трактора ХТЗ-150К-09 і гусеничного трактора ХТЗ-150-09) при роботі на різних агрофонах, які впливають на зміну їх тягово-енергетичних показників.

2. В результаті проведеного тягового розрахунку колісного та гусеничного тракторів тягового класу 3,0 були уточнені вагові параметри тракторів, розрахована і побудована регуляторна характеристика двигуна, визначені швидкості прямування, тягова потужність, питомі витрати палива та тягові зусилля при роботі тракторів на різних агрофонах. Аналіз проведених досліджень показав, що на відміну від гусеничного, колісний трактор на болотно-торф'яній цілині зможе працювати тільки на першій передачі, тому що на останніх передачах сила опору коченню перевищує дотичну силу тяги.

3. Аналіз тягово-енергетичних показників колісного і гусеничного тракторів тягового класу 3,0 при роботі на різних агрофонах показав, що за граничним значенням параметрів агрофонів від перелігу до болотно-торф'яної цілини: маса колісного трактора збільшується у 3,8 рази, гусеничного – у 2,5 рази; номінальна потужність двигуна змінюється не значно і збільшується для колісного трактора у 1,1 рази, гусеничного – у 1,04 рази; сила опору коченню збільшується для колісного трактора майже у 10 разів, для гусеничного – у 5 разів; номінальна сила тяги на крюку зменшується: на першій передачі в 6,14 рази для колісного трактора і в 1,26 разів для гусеничного трактора; на другій

передачі в 1,98 рази для колісного трактора і в 1,47 разів для гусеничного трактора; на третій передачі в 2,77 разів для колісного трактора і в 1,51 разів для гусеничного трактора; на четвертій передачі в 6,22 рази для колісного трактора і в 1,77 разів для гусеничного трактора. Причому колісний трактор використовувати на болотно-торф'яній цілині не можливо, тому що сила опору кочення перевищує дотичну силу тяги; максимальна тягова потужність зменшується: на першій передачі в 1,6 разів для колісного трактора і в 1,1 рази – для гусеничного; на другій передачі в 1,95 разів для колісного трактора і в 1,14 разів – для гусеничного; на третій передачі в 2,73 рази для колісного трактора і в 1,19 разів – для гусеничного; на четвертій передачі в 6,1 рази для колісного трактора і в 1,27 разів – для гусеничного; питома витрата палива при постійній потужності двигуна збільшується: на першій передачі в 1,67 рази для колісного трактора і в 1,13 рази – для гусеничного; на другій передачі в 2,04 рази для колісного трактора і в 1,16 рази – для гусеничного; на третій передачі в 2,85 рази для колісного трактора і в 1,22 рази – для гусеничного; на четвертій передачі в 6,35 рази для колісного трактора і в 1,29 рази – для гусеничного; максимальний тяговий ККД зменшується для колісного трактора в 1,74, для гусеничного – 1,15.

Аналіз виконаних досліджень показав, що колісні трактори тягового класу 3,0 недоцільно використовувати на полі, підготовленому під посів та болотно-торф'яній цілині. Таким чином, можна заключити, що чим в гірших умовах працює трактор, тим кращі тягово-енергетичні показники гусеничних тракторів у порівнянні з колісними.

4. В роботі багато уваги приділено вимогам до технічного стану мобільної техніки та вимогам безпеки під час її використання, розробці заходів щодо підвищення рівня безпеки праці та безпеці у надзвичайних ситуаціях. Використання розроблених карт контролю колісного трактора ХТЗ-150К-09 та гусеничного трактора ХТЗ-150-09 за показниками безпеки, надає можливість 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. Бирюков А. Рациональный типаж тракторов // Основные Средства / А. Бирюков – 2010. – №6.
3. Бешун О.А., Ачкевич В. І., Чуба С.В. Аналіз напрямків розвитку рушіїв сільськогосподарської техніки // Праці ТДАТУ, 2018. – Вип. 18. – Т. 2. – С. 238-247.
4. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі: підручник. – К.: Урожай. – 2002. – 324 с.
5. Гусениці замість коліс // Пропозиція. – Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/gusenici-zamist-kolis>.
6. Гусеничні трактори ХТЗ-150-09 // Режим доступу: <http://www.avtomash.ru/katalog/pred/tract/xtz/t150.htm>.
7. Класифікація і загальна будова тракторів // Режим доступу: <http://www.trakservis.info/budova-traktora.html>
8. Класифікація тракторів // Режим доступу: <http://uk.wikipedia.7val.com/wiki/Трактор>
9. Колісні трактори ХТЗ-150К-09 // Режим доступу: <http://www.avtomash.ru/katalog/pred/tract/xtz/xtz150k.htm>.
10. Ксеневич И.П. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчёт: учебник. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.
11. Котиков В.М., Ерхов А.В. Тракторы и автомобили. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 416 с.
12. Луценков В.Л., Бутко Д.А., Крыжачковский Н.Л. и др. Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности. – К.: Урожай, 1993 – 296 с.

13. Медведев М.И. Гусеничное сцепление трактора / Медведев М.И. – М.: Машиностроение, 1985. – 268 с.

14. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві: навчальний посібник. – Мелітополь, 2005. – 337 с., іл.

15. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Трактори країн СНД: посібник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. – 176 с.

16. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Закордонні трактори країн: посібник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 600 с.

17. Панченко А.І., Волошина А.А. Тяговий розрахунок трактора з механічною трансмісією: методичні вказівки з дисципліни «Трактори і автомобілі» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – ТДАТУ, 2020. – 34 с.

18. 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.

19. Продукція Харківського тракторного заводу ім. С. Орджонікідзе // Режим доступу: <http://www.xtz.ua>.

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

21. Мирошниченко А.Н. Основы теории автомобиля и трактора: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 490 с.

22. Трактори і автомобілі: електронний підручник. – Агроосвіта. – Режим доступу: [http://www.shevchenkove.org.ua/person\\_syte/Lozovuy/](http://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Lozovuy/) Електронний %20посіб%20Трактори%20і%20автомобілі.htm.

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