

**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 ХТЗ СЕРІЇ 170  
З МЕХАНІЧНОЮ ТА ГІДРООБ'ЄМНОЮ ТРАНСМІСІЯМИ  
ПРИ РОБОТІ ТРАКТОРА НА СТЕРНІ**

*ЗІМСД.036.000000ПЗ*

Виконав: здобувач ВО 2 курсу 22 МБ АІ групи

Спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПП Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності та ОПП)

\_\_\_\_\_ Віктор БІЛОНОЖКО

Керівник професор

Консультант професор

Нормоконтроль ст. викл.

Рецензент

Мелітополь – 2021 рік

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 77 сторінок машинописного тексту, п'ять розділів, 8 рисунків, 7 таблиць, 22 літературних джерела.

Графічна частина роботи – 7 листів формату А1.

Мета роботи – підвищення експлуатаційної ефективності тракторів шляхом дослідження зміни тягових показників колісних тракторів ХТЗ серії 170 з різними типами трансмісії.

Робота присвячена порівнянню типів трансмісій колісних тракторів ХТЗ серії 170 на стерні шляхом модернізації їх ходових систем за допомогою використання гідрооб'ємних передач.

В роботі проведено тяговий розрахунок колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною та гідрооб'ємною трансмісіями при прямолінійному поступальному русі на стерні. При проведенні тягового розрахунку колісного трактора визначено вагу трактора і потужність двигуна, моменти, що підводяться до ведучих коліс, коефіцієнти корисної дії, діапазони швидкостей руху і відповідне передаточне число трансмісії та питомі витрати палива при різних режимах роботи на стерні; розраховано і побудовано його теоретичні тягові характеристики, що оцінюють тягово-зчіпні, швидкісні і економічні якості трактора при різних сталих режимах роботи на стерні та зроблено аналіз тягово-енергетичних показників колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною та гідрооб'ємною трансмісіями; розроблено гідравлічну схему трансмісії, обґрунтовано та вибрано гідромашини і гідроагрегати.

Багато уваги в роботі приділено охороні праці та безпеці у надзвичайних ситуаціях. Закінчується робота розробкою карти контролю по показникам безпеки колісного трактора ХТЗ серії 170.

**Ключові слова:** трактор, трансмісія, агрофон, буксування, опір коченню, тяговий клас, теоретична тягова характеристика, гідравлічна схема, гідромашини, гідроагрегат, тягово-енергетичні показники, охорона праці.

## ВСТУП

Основна функція трансмісії трактора – ефективне узгодження роботи двигуна з рушіями (ведучими колесами) і з усіма видами відборів потужності на привід і управління агрегатами машин на всіх необхідних режимах: русі з місця, розгоні машинно-тракторного агрегату, гальмуванні та зупинці [1–2]. Перші тракторні трансмісії були механічні, ступінчасті з обмеженими узгоджувальними функціями – вузьким діапазоном швидкісного регулювання та мінімальними функціями відбору потужності.

Останніми роками істотні зміни торкнулися лише сегменту високотехнологічних безступінчастих коробок передач. Безступінчаста трансмісія з гіперболічною залежністю між швидкістю руху трактора і вихідним моментом на колесі найкращим чином підходить для роботи на тракторі. На сучасному етапі вона може бути створена шляхом застосування електричного варіатора або гідрооб'ємних машин.

Практично всі провідні компанії приступили до виробництва тракторів з безступінчастими трансмісіями. Основна їх частка приходить на діапазон потужності 110–185 кВт. Популярність безступінчастих трансмісій безперервно росте, що стає очевидним з постійного збільшення об'ємів виробництва тракторів фірми «Fendt», яка є піонером в створенні подібних трансмісій в тракторобудуванні і на сьогоднішній день повністю перейшла на виробництво тракторів з безступінчастими трансмісіями.

В даний час в автотракторній техніці знаходять широке застосування повнопотокові гідромеханічні, гідрооб'ємно-механічні і гідрооб'ємні трансмісії. Складовою частиною таких трансмісій стала гідрооб'ємна передача, яка містить регульований насос і нерегульований реверсивний гідромотор.

Головна мета застосування гідрооб'ємних трансмісій на автотракторній сільськогосподарській техніці – підвищення їх продуктивності в результаті збільшення коефіцієнта навантаження двигуна, полегшення керування

машиною (немає трудомістких операцій, пов'язаних з керуванням зчепленням і коробкою передач), полегшення маневрування.

Гідрооб'ємна трансмісія забезпечує високу стабільність швидкісного режиму, що досить важливо для рівномірного завантаження робочих органів і якості технологічного процесу.

У цьому зв'язку **об'єктом дослідження** є процеси, що відбуваються при роботі трактора з механічною та гідрооб'ємною трансмісіями, які впливають на зміну його тягових показників.

**Предмет дослідження** – функціональні залежності, що описують процеси, які відбуваються при роботі трактора з механічною та гідрооб'ємною трансмісіями.

**Метою** дослідження є підвищення експлуатаційної ефективності тракторів шляхом дослідження зміни тягових показників колісних тракторів ХТЗ серії 170 з різними типами трансмісії.

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

1. Зробити розрахунок і побудувати теоретичну тягову характеристику колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною трансмісією.
2. Зробити розрахунок і побудувати теоретичну тягову характеристику колісного трактора ХТЗ серії 170 з гідрооб'ємною трансмісією.
3. Проаналізувати теоретичні тягові характеристики колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною і гідрооб'ємною трансмісіями.
4. Зробити розрахунок об'ємного гідроприводу ходової системи трактора ХТЗ серії 170 з гідрооб'ємною трансмісією, розробити гідравлічну схему трансмісії, обґрунтувати та вибрати гідромашини і гідроагрегати.
5. Розробити карту контролю колісного трактора ХТЗ серії 170 по показниках безпеки.

# РОЗДІЛ 1.

## СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Перспективні трансмісії колісних тракторів

Основна функція трансмісії трактора – ефективне узгодження роботи двигуна з рушіями (ведучими колесами) і з усіма видами відборів потужності на привід і управління агрегатами машин на всіх необхідних режимах: русі з місця, розгоні машинно-тракторного агрегату, гальмуванні та зупинці [1–2]. Перші тракторні трансмісії були механічні, ступінчасті з обмеженими узгоджувальними функціями – вузьким діапазоном швидкісного регулювання та мінімальними функціями відбору потужності. Розвивалися вони в напрямках збільшення діапазонів ступеневого регулювання, числа передач, забезпечення одночасної роботи приводів рушіїв та відбору потужності, збільшення числа місць відбору потужності, застосування немеханічних пристроїв безступінчастого регулювання (гідродинамічних, гідростатичних, електричних), а також за рахунок вдосконалення механізмів управління елементів трансмісії (зчеплення, коробки передач, диференціалів ведучих мостів, приводами відбору потужності, гальмівними механізмами). У результаті з'явилися нові типи трансмісії, що класифікуються за способом регулювання (безступінчасті, ступінчасто-безступінчасті) і виду носіїв енергії (механічні, гідравлічні, електричні) (рис. 1) [1–2].

Типи трансмісії, що приведені на рис. 1 знаходяться на різних стадіях вживаності у тракторній промисловості. Механічні з перемиканням передач рухомими шестернями з зупинкою трактора завершили встановлювати в трансмісії і на нових моделях тракторів вже не застосовуються. Близькі до завершення життєвого циклу синхронізовані ступінчасті трансмісії, вони ще знаходять застосування на тракторах малої і середньої потужності. Завершують випускати трансмісії з перемиканням передач під навантаженням гідрокерованими фрикційними муфтами. На зміну їм енергійно увійшли

трансмiсії з гiдрооб'ємно-механiчними передачами та гiдростатичними передачами, особливо на тракторах високої потужностi [1].



Рис. 1. Види безступiнчастих трансмiсiй

В умовах ринкової економiки вибiр оптимального типу трансмiсії для тракторiв рiзних потужностей, призначення i конкретних умов експлуатацiї визначається споживачем незалежно вiд пропозицiй фiрм-виробникiв. Тому всi тракторобудiвнi фiрми прагнуть встановлювати на своїй продукцiї трансмiсії таких типiв i пропонувати такі їх альтернативнi варiанти, якi мають попит у споживача на ринку конкретного рiйону. При цьому враховуються не тiльки кон'юнктура ринку i пропозицiї фiрм-конкурентiв, але i напрями господарської дiяльностi, природно-клiматичнi, законодавчi (що стосуються, зокрема, обмежень транспортних швидкостей) та iншi особливостi цих країн, а також можлива платоспроможнiсть потенцiйного споживача [3].

За останнi десяти роки вiдбулося злиття низки виробникiв сiльськогосподарської технiки в великi концерни («CNH», «AGCO», «SDF»). Така структурна реорганiзацiя дозволила фiнансувати масштабнi дослiдницькi проекти i запропонувати не окремi машини, а комплекс аграрних технологiй для конкретних споживачiв i рiйонiв. Паралельно йде процес постiйного нарощування можливостей електронних компонентiв з одночасним їх здешевленням. Наявнiсть цих чинникiв дозволила провiдним тракторним фiрмам здiйснювати перехiд вiд механiчних до мехатронних систем на

тракторах, збільшуючи продуктивність машинно-тракторних агрегатів і покращуючи умови праці оператора. Вказані обставини дозволяють на основі аналізу використання трансмісій різних типів на тракторах отримати достатньо чітке уявлення про найбільш пріоритетні з погляду споживача типи трансмісій для тракторів різних тягових класів і потужностей та оцінити тенденції розвитку в цій сфері. Для оцінки найбільш перспективних технологій доцільно розглянути ринки розвинених країн. Найбільш показовим в даному випадку є західноєвропейський ринок, де застосовуються самі передові технології для обробки ґрунту. Якщо порівняти дані західноєвропейського ринку, то можна відзначити, що постійно зменшується пропозиція тракторів, обладнаних механічними ступінчастими коробками передач та збільшується, обладнаних безступінчастими трансмісіями (в 2007 р. тракторів з безступінчастими трансмісіями пропонувалося 16,5%, а в 2017 р. – 25,9%) [1, 3]. Слід відмітити, що більш ніж в 2 рази за чотири роки (станом на 2013 р.) збільшилась кількість тракторів потужністю понад 110 кВт з безступінчастими трансмісіями на фоні практично незмінної кількості тракторів з трансмісіями інших типів.

Останніми роками все більшого поширення набувають безступінчасті двопотокові трансмісії. Причому, на тракторах потужністю 110–192 кВт їх частка в 2017 р. досягла майже 46 %, а на тракторах потужністю 192–295 кВт склала 50 %.

В результаті аналізу трансмісій були визначені наступні тенденції їх розвитку [1–3]:

- суттєве збільшення на тракторах великих і середніх потужностей (понад 110 кВт) безступінчастих трансмісій;
- збільшення потужностних діапазонів коробок передач, що перемикаються під навантаженням («Беларус», «John Deere», «Claas»), запровадження системи автоводіння, запису типових операцій і автоматичного управління перемиканням передач;
- збільшення номенклатури і потужностних діапазонів застосування безступінчастих трансмісій. Якщо в 2004 р. принципів схем у

безступінчастих коробок передач, що серійно випускаються, було всього три (Ессом, S-Matic і Vario), то в 2010 р. їх було вже дев'ять та ще близько п'яти заявлені як дослідні зразки, що проходять випробування (Easy Drive на передачу потужності 60–85 кВт від «New Holland», Ессом 3,0 і Ессом 5,0 від «ZF») або пропонуються як готовий продукт від виробників компонентів (VARYT від «Carraro», WSG і WSE від швейцарської фірми «MALI»);

- відмова деяких виробників від коробок передач, що перемикаються під навантаженням («Landini», «Claas», «New Holland», «Case»).

Варто відзначити, що це відбувається після впровадження у виробництво тракторів, обладнаних безступінчастими трансмісіями як власної розробки (AutoCommand у «CNH»), так і виробництва незалежних компаній (S-Matic від «ZF» на тракторах «Claas Axion», внаслідок чого більше не випускаються трактори серії Atles) [4].

Останніми роками істотні зміни торкнулися лише сегменту високотехнологічних безступінчастих коробок передач. Безступінчаста трансмісія з гіперболічною залежністю між швидкістю руху трактора і вихідним моментом на колесі найкращим чином підходить для роботи на тракторі. На сучасному етапі вона може бути створена шляхом застосування електричного варіатора або гідрооб'ємних машин.

Практично всі провідні компанії приступили до виробництва тракторів з безступінчастими трансмісіями. Основна їх частка приходить на діапазон потужності 110–185 кВт. Популярність безступінчастих трансмісій безперервно росте, що стає очевидним з постійного збільшення об'ємів виробництва тракторів фірми «Fendt», яка є піонером в створенні подібних трансмісій в тракторобудуванні і на сьогоднішній день повністю перейшла на виробництво тракторів з безступінчастими трансмісіями.

В даний час спостерігаються дві тенденції у сфері виробництва подібних тракторів. Перша – розробка і виробництво власних оригінальних безступінчастих трансмісій, друга – це адаптація готових трансмісій під необхідне компонування трактора.



## 1.2. Переваги і недоліки безступінчастих трансмісій

Безступінчасті трансмісії забезпечують безперервність і автоматичність зміни крутного моменту. Вони дають змогу на будь-якому режимі повністю завантажити двигун. Однак безступінчасті трансмісії складніші за конструкцією, мають менший ККД.

В даний час в спеціальних самохідних машинах знаходять широке застосування повнопотокові гідромеханічні, гідрооб'ємно-механічні і гідростатичні трансмісії. Складовою частиною таких трансмісій стала гідростатична передача, яка містить регульований насос і нерегульований реверсивний гідромотор.

Використання гідрооб'ємно-механічних трансмісій обумовлене [3,5] плавним регулюванням передавального відношення від двигуна до ведучих коліс, підвищенням керованості, надійності роботи двигуна, підвищенням тягової динаміки та ергономічних властивостей при виконанні різноманітних технологічних операцій колісними тракторами і т.п.

До основних недоліків гідрооб'ємно-механічних трансмісій відноситься: нижчий коефіцієнт корисної дії (ККД) в порівнянні із ступінчастими механічними трансмісіями; необхідна висока кваліфікація персоналу для проведення технічного обслуговування при експлуатації; вища вартість і складність виготовлення (на 20% дорожче за трактор зі звичайною механічною трансмісією) за рахунок, як правило, застосування гідромашин великого робочого об'єму.

В гідростатичній трансмісії механічна енергія передається робочою рідиною, яка під тиском, що створює насос, направляється розподільним пристроєм до приводних гідромоторів ведучих коліс. Гідростатична трансмісія тдає змогу безступінчасто та у великому діапазоні регулювати частоту обертання ведучих коліс трактора. До недоліків гідростатичної трансмісії належать достатньо низький ККД, велика вага агрегатів, потреба високої точності виготовлення та необхідність забезпечення герметичності.

Гідростатична трансмісія забезпечує високу стабільність швидкісного режиму, що є досить важливим фактором для рівномірного завантаження активних робочих органів і та якості технологічного процесу [7].

### **1.3. Аналіз колісних тракторів ХТЗ загального призначення серії 170**

В напрямку задоволення зростаючих потреб споживачів, підвищення технічного рівня та ефективності використання тракторів в агропромисловому комплексі, а також розширення ринку збуту, ВАТ «ХТЗ» у стислі строки створив сімейство потужних колісних тракторів загального призначення серії 170 [6].

Важливою особливістю цих енергетичних засобів є застосування двигунів, виготовлюваних фірмами різних країн, у тому числі Німеччини, Росії та республіки Білорусь. Ці двигуни відрізняються за своєю конструкцією, але встановлюються на одне й те ж шасі трактора.

Трактори ХТЗ-170 - це надійні та економічні сільськогосподарські машини загального призначення з колесами однакового розміру та шинами низького тиску підвищеної вантажопідйомності. За основними техніко - економічними та експлуатаційними показниками вони знаходяться на рівні сучасних закордонних тракторів. У конструкції тракторів типу ХТЗ-170 використано 15 винаходів, захищених патентами України, а також низку нововведень, застосовуваних провідними тракторобудівними фірмами. Нові конструктивні рішення захищені в США, Великій Британії, Німеччині, Франції, Канаді, а також у країнах СНД та Балтії.

Великою перевагою цих тракторів є раціональний розподіл маси між ведучими мостами (на передній - 60%, а на задній - 40%), що у поєднанні з шинами низького тиску великого розміру забезпечило їм нові якості [6, 8]:

- краще агрегування з важкими навісними та напівпричіпними сільськогосподарськими машинами і знаряддями;
- підвищена прохідність трактора;

- менший питомий тиск на ґрунт.

Трактори сімейства ХТЗ-170 рекомендується використовувати на енергоємних роботах. У порівнянні з агрегатами на основі трактора Т-150К продуктивність праці зростає при цьому на 15% і більше, питомі витрати палива зменшуються до 12%, а питомий тиску на ґрунт - до 30%.

Виконані роботи по модернізації коробки переміни передач в цьому сімействі тракторів забезпечили їх кращу реалізацію тягового зусилля на першому і другому діапазонах передач.

Каркасну безпечну кабіну виконано відповідно до вимог міжнародних стандартів, що підтверджено сертифікатом. На замовлення споживача в кабіні може встановлюватися кондиціонер. Задовільна оглядовість робочої зони, герметичність, термо- та шумоізоляція, встановлення необхідного обладнання для підтримання температурного режиму, зручне розміщення органів керування і приладів контролю за роботою механізмів трактора забезпечують комфортні умови праці водія, зменшують його втомлюваність. Крім того, жорсткий каркас кабіни створює безпеку водієві в випадку перекидання трактора.

Підресорне, регульоване за зростом і вагою сидіння водія забезпечує зручну посадку, знижує втомлюваність під час руху енергетичного засобу. На замовлення споживача на тракторах сімейства ХТЗ-170 можуть встановлюватися сидіння фірми «Граммер».

Гідрооб'ємний рульовий механізм фірми «Данфос» (Данія) з регульованою рульовою колонкою по висоті та нахилу забезпечує легке і зручне керування трактором з робочим зусиллям на рульовому колесі до 20 Н.

Двоциліндрова навісна система забезпечує агрегування трактора з важкими сільськогосподарськими машинами, в тому числі імпортними. В результаті встановлення шин підвищеної вантажопідйомності навісспроможність тракторів типу ХТЗ-170 зросла на 30% у порівнянні з трактором Т-150К. На замовлення споживача може бути встановлена автоматична система регулювання навіски фірми «Бош» (Німеччина), що дає змогу збільшити

продуктивність праці і зменшити витрати пального.

На замовлення споживача на трактор може встановлюватися також обігрівач - опалювач фірми «Вебасто» (Німеччина), який здатний у тривалому економічному режимі підтримувати температуру охолоджувальної рідини у двигуні і температуру повітря в кабіні тракториста при непрацюючому двигуні. Встановлення цього приладу виключає необхідність попереднього нагрівання охолоджувальної рідини і оливи в двигуні при низькій температурі повітря, різко зменшує спрацювання двигуна.

На замовлення завод поставляє до тракторів ХТЗ-170 пристрої для здвоєння коліс. Застосування цього технічного рішення забезпечує роботу енергетичних засобів на слабонесучих, перезволожених ґрунтах під час проведення ранньо - весняних робіт, трамбуванні силосу тощо. У порівнянні з трактором ДТ-75, наприклад, продуктивність праці при цьому підвищується у 4...5 разів, а питомі витрати палива зменшуються на 60% на кожен тону силосу. На оранці та суцільній культивуванні слабонесучих і перезволожених ґрунтів підвищення продуктивності та зниження погектарної витрати пального при застосуванні здвоєних коліс досягає 20% [6, 8].

На одній із моделей нового трактора ХТЗ-17021 (рис.1.1) встановлюється чотиритактний, шестициліндровий двигуном ВР6М1013Е німецької фірми «Дойтц АГ», потужністю 125 кВт. Загальна характеристика трактора ХТЗ-17021 наведена в таблиці 1.2 [6, 8].



Рис. 1.1. Трактор ХТЗ-17021

Таблиця 1.2

## Технічна характеристика трактора ХТЗ-17021

<b>Показники</b>	<b>ХТЗ-17021</b>
Тяговий клас	3
Номінальне тягове зусилля, кН	30
Найбільша тягова потужність на бетонному треку, кВт	102,5
Питома витрата палива при найбільшій тяговій потужності на бетонному треку, г/кВт·год	267
Габарити, мм: довжина (з навісною системою) x ширина x висота	6405x2460x3320
Маса трактора, кг:	
конструкційна	7990
експлуатаційна	8700
Розподіл маси по вісях, кг:	
передній міст	5420
задній міст	3280
База, мм	2860
<b>Показники</b>	<b>ХТЗ-17021</b>
Колія, мм:	
на задніх колесах	1860
на передніх колесах	1860
Дорожній просвіт під мостами, не менше, мм	400
Найменший радіус повороту, м	6,6
Глибина броду, який потрібно подолати, м	0,8
<b>Дизель</b>	
Марка	BP6M1013E
Номінальна потужність, кВт	125,5
Номінальна частота обертання колінчастого вала, об/хв	2200
<b>Трансмiсія</b>	
Муфта зчеплення	Фрикційна, суха, однодискова, постійно замкнута, з центральною

	діаграфменною натискною пружиною, з гасником крутильних коливачів, встановленим на ведених дисках, керується педаллю з пневматичним підсилювачем
Коробка передач	Механічна, ступінчаста, 12 швидкостей, з зубчастими колесами постійного зчеплення
<b>Показники</b>	<b>ХТЗ-17021</b>
Карданна передача	Жорстка, відкритого типу з голчастими підшипниками
Головна передача	Конічна із спіральним зубом і міжколісним диференціалом
Диференціал (міжколісний)	Конічний із чотирма сателітами, з автоматичним блокуванням
Кінцева передача	Одноступінчастий планетарний редуктор
<b>Гідравлічна система коробки передач</b>	
Гідронасос	Шестеренний, односекційний
Привод гідронасоса	Шестеренчастий від дизеля і від коліс при буксуванні трактора
Теоретична продуктивність, л/хв	40
Робочий тиск в гідросистемі, МПа	0,9...1,1
<b>Показники</b>	<b>ХТЗ-17021</b>
Максимальний тиск в системі, який відповідає спрацюванню запобіжного клапана, МПа	1,65...2,3
Розподільник	Крановий з поворотним золотником з підживленням від насоса
Кількість положень золотника	Чотири, з фіксацією в кожному положенні
<b>Ходова і несуча система</b>	
Колісна схема	4к4
Ходовий пристрій	4 ведучих коліс однакового діаметру з шинами низького тиску
Шини	23,1R26 модель Ф-37
Рама	Шарнірно-зчленована, складається з двох напіврам, з'єднаних вертикальним і

	горизонтальним шарнірами
Підвіска	Передній міст підвішений на двох поздовжніх ресорах з гідравлічними амортизаторами, задній міст жорстко прикріплений до рами
<b>Гальма</b>	
Гальма колісні	Колодкові (на кожному колесі) з пневматичним приводом
Стоянкове гальмо	Стрічкове з енергопневмо-акумулятором
Управління гальмами трактора і причепа	Педаллю, гальмівним краном
Управління стоянковим гальмом	Рукою, триходовим краном
<b>Пневматична система</b>	
Компресор	Поршневий, двоциліндровий повітряно-водяного охолодження
Робочий тиск повітря, МПа	0,65...0,8
Гальмівний кран	Діафрагменого типу, двосекційний
Повітряні балони (ресивери)	2 по 20 л

Показники	ХТЗ-17021
<b>Рульове управління</b>	
Управління механізмом повороту	Рульовим колесом через гідрооб'ємний рульовий механізм
Гідронасос	НШ-32А-3-Л
Привод гідронасосу	Шестеренчастий від дизеля і від коліс при буксуванні трактора
Теоретична продуктивність, л/хв	52
Максимальний тиск в гідросистемі, МПа	10...11
Циліндри рульового управління: діаметр, мм хід поршня, мм (в обидві сторони від середнього положення)	80 130
<b>Начіпний пристрій</b>	
Начіпний пристрій	Шарнірно-важільний механізм з переобладнанням для навіски знарядь по дво- і трьохточковій схемах
Вантажопідйомність, кг	4250
<b>Гідравлічна система начіпного пристрою</b>	
Гідронасос	НШ-50А-3-Л лівого обертання
Привод гідронасосу	Від роздаточної коробки
Теоретична продуктивність, л/хв	86
Тиск масла, МПа: номінальний максимальний	16 20
Силовий циліндр: кількість тип діаметр поршня, мм хід поршня, мм	2 Ц100 100 250
Розподільник	Р80-3 клапанно-золотниковий
Вал відбору потужності	Незалежний. Одноступеневий редуктор з гідропідтискнуою муфтою включення. Розміщення заднє
Частота обертання, об/хв	540 і 1000 залежно від наладки
Потужність, що передається, кВт, не більше: при 540 об/хв. при 1000 об/хв	60 121



Показники	ХТЗ-17021
<b>Електрообладнання</b>	
Струм	Постійний
Номинальна напруга, В	12
Акумуляторна батарея, ємність А/год	6СТ-182 ЕМС (2 шт.) 182
Генератор: напруга, В	12
потужність, Вт	1000
номинальна частота обертання, об/хв	6000

Двигун трактора ХТЗ-17021 має електростартерний пуск та електрофакельний підігрів зі свічками, встановленими безпосередньо в головці циліндрів, а також аварійний захист при підігріванні або втраті охолоджувальної рідини, та при падінні тиску в системі мащення нижче припустимої межі.

Як показує практика, у порівнянні з тракторами Т-150К, використання нових енергетичних засобів ХТЗ-17021 дозволяє зменшити капітальні вкладення на 33%, прямі витрати - на 20%, витрати праці - на 53% і витрати пального - майже вдвічі [6].

Другою моделлю сімейства нових енергетичних засобів є **трактор ХТЗ-17121** (рис.1.2). Це колісний сільськогосподарський трактор серії 170 призначений для виконання енергоємних сільськогосподарських робіт: оранки, суцільної культивуації, посіву і збирання зернових і технічних культур, а також на транспортних роботах із причепами та напівпричепами вантажопідйомністю до 20 тонн.

Трактор оснащений рядним шестициліндровим двигуном Д-260.9-50 потужністю 121 кВт виробництва «Мінський моторний завод» (Республіка Білорусь). На Західній МВС трактор ХТЗ-17121 з двигуном Д-260.9-50 пройшов експлуатаційні випробування і показав задовільні результати. Враховуючи те, що в Республіці Білорусь в експлуатації перебуває понад 15 тисяч енергетичних засобів типу Т-150К, питання встановлення на трактори ВАТ «ХТЗ» двигунів Д-260.9-50 є досить актуальним.

Підвищена вантажопідйомність заднього навісного двоциліндрового пристрою і наявність незалежного вала відбору потужності дозволяє виконувати роботи із причіпними та напівнавісними безмоторними комбайнами, з машинами для внесення твердих і рідких мінеральних добрив.

Бульдозерний варіант дозволяє використовувати трактор на будівництві силососховищ, при підготовці площадок для зберігання зерна, вирівнюванні земельних ділянок, ремонті доріг і очищення від снігу.

Третьою моделлю сімейства є трактор **ХТЗ-17221** (рис.1.3). Це колісний сільськогосподарський трактор призначений для виконання енергоємних сільськогосподарських робіт.



Рис. 1.2. Трактор **ХТЗ-17121**



Рис. 1.3. Трактори **ХТЗ-17221, ХТЗ-17222**

Трактор оснащений двигуном ЯМЗ-236Д виробництва ВАТ «Автодизель» (м. Ярославль, Росія). Встановлення ярославського двигуна створює серйозні передумови повернення тракторів марки ХТЗ на ринки Росії та інших країн СНД, де є технічна база для обслуговування двигунів ЯМЗ.

Розширення діапазону швидкостей до 16 передач на передньому ході, а також підвищення максимальної швидкості руху до 39,95 км/год дозволить більш раціонально використовувати трактор для виконання трудомістких сільськогосподарських і транспортних робіт зі значним зменшенням витрати палива.

Підвищення вантажопідйомності навісної системи та застосування крюкових захватів дозволяють значно спростити агрегування сільськогосподарських машин.

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

В даний час в автотракторній техніці знаходять широке застосування повнопотокові гідромеханічні, гідрооб'ємно-механічні та гідростатичні трансмісії. Складовою частиною таких трансмісій стала гідростатична передача, яка містить регульований насос та нерегульований реверсивний гідромотор.

Головна мета застосування гідростатичних трансмісій на автотракторній сільськогосподарській техніці – підвищення їх продуктивності та ефективності використання, а також полегшення маневрування.

Гідростатична трансмісія забезпечує стабільність швидкості руху, рівномірне завантаження активних робочих органів та якість технологічного процесу.

У зв'язку з цим **об'єктом дослідження** є робочі процеси, які відбуваються при роботі трактора з різноманітними типами трансмісії.

**Предмет дослідження** – функціональні рівняння, які описують робочі процеси, що відбуваються при роботі трактора з різноманітними типами трансмісії.

**Метою** дослідження є поліпшення експлуатаційних характеристик тракторів шляхом порівняльного дослідження впливу типу трансмісії на тягові характеристики колісних тракторів ХТЗ серії 170.

Для виконання сформульованої мети дослідження поставлені наступні **завдання**:

1. Розрахувати показники теоретичної тягової характеристики колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною трансмісією.
2. Побудувати теоретичну тягову характеристику колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною трансмісією.

3. Розрахувати показники теоретичної тягової характеристики колісного трактора ХТЗ серії 170 з гідростатичною трансмісією.
4. Побудувати теоретичну тягову характеристику колісного трактора ХТЗ серії 170 з гідростатичною трансмісією.
5. Розрахувати та вибрати елементи гідравлічного приводу ходової системи трактора ХТЗ серії 170.
6. Розробити гідравлічну схему гідростатичної трансмісії.

### **1.5. Висновки по розділу**

Аналіз безступінчастих трансмісій показав, що гідростатична трансмісія забезпечує високу стабільність швидкісного режиму, що є досить важливим фактором для рівномірного завантаження активних робочих органів та якості технологічного процесу. Таким чином, для підвищення продуктивності та ефективності використання автотракторної сільськогосподарської техніки необхідним є удосконалення їх ходової системи шляхом застосування гідростатичних трансмісій.

У зв'язку з цим є необхідним проведення дослідження робочих процесів, які відбуваються при роботі на стерні колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною та гідростатичною трансмісіями та визначити вплив типу трансмісії на зміну тягово-енергетичних показників (наприкладі трактора ХТЗ-17021).

## РОЗДІЛ 2.

### ТЯГОВИЙ РОЗРАХУНОК КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ХТЗ СЕРІЇ 170 З МЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Для побудови теоретичної тягової характеристики трактора при роботі на стерні необхідно провести тяговий розрахунок на прикладі трактора ХТЗ-17021, що забезпечує трактору задані тягові якості [9, 10]. Технічна характеристика трактора ХТЗ-17021 наведена в табл. 1.2.

#### 2.1. Уточнення вагових параметрів трактора

Розраховуємо максимальну експлуатаційну масу трактора ХТЗ-17021 [11, 12]:

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

де:  $P_{крн1}$  – номінальна сила тяги на гаку,  $P_{крн1} = 30000 \text{ Н}$ ;

$\varphi_k$  – коефіцієнт використання зчпної ваги трактора, для колісних тракторів  $\varphi_k = 0,7$ ;

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

$f$  – коефіцієнт опору коченню,  $f = 0,1$ ;

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

$$m_{\max} = \frac{30000}{(0,7 \cdot 1 - 0,1) \cdot 9,81} = 5097 \text{ кг}.$$

Розраховуємо мінімальну експлуатаційну масу колісного трактора  $m_{\min}$ ,  
кг

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

$$m_{\min} = 0,92 \cdot 5097 = 4689 \text{ кг}.$$

Розраховуємо масу баластових вантажів колісного трактора  $m_6$ , кг

$$m_{\delta} = m_{\max} - m_{\min}, \quad (2.3)$$

$$m_{\delta} = 5097 - 4689 = 408 \text{ кг}.$$

## 2.2. Розрахунок номінальної потужності двигуна

Розраховуємо номінальну потужність двигуна  $N_n$  [9–12], кВт

$$N_n = \frac{(P_{крn1} + f \cdot m_{\max} \cdot g) \cdot V_{n1}}{3600 \cdot \eta_{mp} \cdot \chi_3} \quad (2.4)$$

де:  $V_{n1}$  – швидкість на нижній передачі,  $V_{n1} = 15 \text{ км/год}$ ;

$\eta_{mp}$  – механічний ККД трансмісії,  $\eta_{mp} = 0,9$ ;

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

$$N_n = \frac{(30000 + 0,1 \cdot 5097 \cdot 9,81) \cdot 15}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,85} = 190,63 \text{ кВт}.$$

## 2.3. Розрахунок регуляторної характеристики двигуна

Розраховуємо поточні значення потужності двигуна  $N_e$  [9–12], кВт

$$N_e = k_N \cdot N_n, \quad (2.5)$$

де:  $k_N$  – коефіцієнт, що залежить від співвідношення частот обертання двигуна згідно табл. 2.1;

$n_n$  і  $n$  – номінальна та поточна частота обертання валу двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ .

Таблиця 2.1

Значення коефіцієнтів  $k_N$ ,  $k_M$  і  $k_G$  у функції співвідношення частот  $n/n_n$  [9, 10]

Співвідношення частот $n/n_n$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Параметр $k_N$	0,53	0,67	0,78	0,87	0,95	1,0
Параметр $k_M$	1,06	1,11	1,10	1,09	1,06	1,0

Параметр $k_G$	0,62	0,73	0,82	0,89	0,95	1,0
----------------	------	------	------	------	------	-----

$$N_{e1} = 0,53 \cdot 190,63 = 101,03 \text{ кВт};$$

$$N_{e2} = 0,67 \cdot 190,63 = 127,72 \text{ кВт};$$

$$N_{e3} = 0,78 \cdot 190,63 = 148,69 \text{ кВт};$$

$$N_{e4} = 0,87 \cdot 190,63 = 165,85 \text{ кВт};$$

$$N_{e5} = 0,95 \cdot 190,63 = 181,1 \text{ кВт};$$

$$N_{e6} = 1,0 \cdot 190,63 = 190,63 \text{ кВт}.$$

Розраховуємо номінальний крутний момент  $M_n$  Н·м [9–12],

$$M_n = 9550 \cdot \frac{N_n}{n_n}, \quad (2.6)$$

$$M_n = 9550 \cdot \frac{190,63}{2200} = 827,51 \text{ Н·м}.$$

Розраховуємо поточні значення крутного моменту  $M_\partial$ , Н·м

$$M_\partial = k_M \cdot M_n, \quad (2.7)$$

де:  $k_M$  – коефіцієнт, що залежить від співвідношення частот згідно табл. 2.1.

$$M_{\partial1} = 1,06 \cdot 827,51 = 877,16 \text{ Н·м};$$

$$M_{\partial2} = 1,11 \cdot 827,51 = 918,54 \text{ Н·м};$$

$$M_{\partial3} = 1,10 \cdot 827,51 = 910,26 \text{ Н·м};$$

$$M_{\partial4} = 1,09 \cdot 827,51 = 901,99 \text{ Н·м};$$

$$M_{\partial5} = 1,06 \cdot 827,51 = 877,16 \text{ Н·м};$$

$$M_{\partial6} = 1,0 \cdot 827,51 = 827,51 \text{ Н·м}.$$

Розраховуємо номінальну годинну витрату палива  $G_{Th}$  [9–12], кг/год.

$$G_{Th} = 10^{-3} \cdot g_{en} \cdot N_n, \quad (2.8)$$

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

$$G_{Tn} = 10^{-3} \cdot 267 \cdot 190,63 = 50,9 \text{ кг/год.}$$

Розраховуємо годинну витрату палива на холостому ході  $G_{Tx}$ , кг/год.

$$G_{Tx} = (0,25 \dots 0,3) \cdot G_{Tn}, \quad (2.9)$$

$$G_{Tx} = 0,25 \cdot 50,9 = 12,73 \text{ кг/год.}$$

Розраховуємо поточні значення годинної витрати палива  $G_T$

$$G_T = k_G \cdot G_{Tn}, \quad (2.10)$$

де:  $k_G$  – коефіцієнт, що залежить від співвідношення частот (табл. 2.1).

$$G_{T1} = 0,62 \cdot 50,9 = 31,56 \text{ кг/год};$$

$$G_{T2} = 0,73 \cdot 50,9 = 37,16 \text{ кг/год};$$

$$G_{T3} = 0,82 \cdot 50,9 = 41,74 \text{ кг/год};$$

$$G_{T4} = 0,89 \cdot 50,9 = 45,3 \text{ кг/год};$$

$$G_{T5} = 0,95 \cdot 50,9 = 48,36 \text{ кг/год};$$

$$G_{T6} = 1,0 \cdot 50,9 = 50,9 \text{ кг/год.}$$

Розраховуємо максимальну частоту обертання валу двигуна на холостому ході  $n_x$  [9–12],  $xв^{-1}$ .

$$n_x = n_n \cdot \frac{2 + \delta_p}{2 - \delta_p}, \quad (2.11)$$

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

$$n_x = 2200 \cdot \frac{2 + 0,06}{2 + 0,06} = 2336 \text{ хв}^{-1}.$$

Результати розрахунку ефективної потужності двигуна, крутного моменту та годинної витрати палива зводяться в таблицю 2.2.

Параметри регуляторної характеристики двигуна

Таблиця 2.2



Співвідношення частот $\frac{n}{n_n}$	$0,5 \cdot n_i$	$0,6 \cdot n_i$	$0,7 \cdot n_i$	$0,8 \cdot n_i$	$0,9 \cdot n_i$	$1,0 \cdot n_i$	х.х.
Частота обертання вала двигуна $n$ , $хв^{-1}$	1100	1320	1540	1760	1980	2200	2336
Потужність двигуна ефективна $N_e$ , $кВт$	101,03	127,72	148,69	165,85	181,1	190,63	–
Крутний момент $M_d$ , $Н \cdot м$	877,16	918,54	910,26	901,99	877,16	827,51	–
Годинна витрата палива $G_T$ , $кг/год$	31,56	37,16	41,74	45,3	48,36	50,9	12,73

За значеннями таблиці 2.2 будується регуляторна характеристика двигуна.

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

Розраховуємо знаменник геометричної прогресії  $q$  [9–12]

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{P_{крn1} + f \cdot m_{\max} \cdot g}{\frac{P_{крn1}}{\delta_m} + f \cdot m_{\min} \cdot g}}, \quad (2.12)$$

де:  $\delta_m$  – тяговий діапазон трактора,  $\delta_m = 2,0$ ;

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

$$q = \sqrt[4-1]{\frac{30000 + 0,1 \cdot 5097 \cdot 9,81}{\frac{30000}{2,0} + 0,1 \cdot 4689 \cdot 9,81}} = 1,21$$

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Головна мета застосування гідрооб'ємних трансмісій є підвищення їх продуктивності в результаті збільшення коефіцієнта навантаження двигуна, полегшення керування машиною, полегшення маневрування. Гідрооб'ємна трансмісія забезпечує високу стабільність швидкісного режиму, що досить важливо для рівномірного завантаження робочих органів і якості технологічного процесу. У цьому зв'язку в роботі необхідно провести дослідження процесів, що відбуваються при роботі колісного трактора з механічною та гідрооб'ємною трансмісіями, які впливають на зміну його тягово-енергетичних показників.

2. В результаті проведеного тягового розрахунку трактора ХТЗ серії 170 з механічною трансмісією були уточнені вагові параметри трактора та потужність двигуна, розрахована і побудована регуляторна характеристика двигуна. Розрахункова вага трактора на 27% нижча, а потужність двигуна на 34% більша за зазначених в технічній характеристиці. За отриманими розрахунками швидкості прямування, зміни тягової потужності двигуна, питомої витрати палива, тягового ККД, коефіцієнта буксування та тягових зусиль побудована теоретична тягова характеристика колісного трактора ХТЗ серії 170 з механічною трансмісією.

3. В результаті проведеного тягового розрахунку колісного трактора ХТЗ серії 170 з гідрооб'ємною трансмісією були визначені параметри насосів та гідромоторів. За отриманими розрахунками тягово-швидкісних показників трактора побудована теоретична тягова характеристика колісного трактора ХТЗ серії 170 з гідрооб'ємною трансмісією.

4. Порівняльний аналіз теоретичних тягових характеристик показав, що трактор з механічною трансмісією може рухатися на максимально можливих швидкостях 15 км/год, 18,5 км/год, 22 км/год та 26,6 км/год і з максимальною тяговою потужністю 190 кВт тільки при чотирьох конкретних значеннях крюкового зусилля 36 кН, 29 кН, 23 кН та 18 кН, відповідно. Наведені залежності тягової потужності, дійсної швидкості трактора та

крюкового зусилля підтверджують, що при будь-якому значенні крюкового зусилля трактор використовується з максимально можливими значеннями тягової потужності і швидкості. Отже, продуктивність трактора з гідрооб'ємною трансмісією вище.

5. В результаті розрахунку гідроприводу ходової системи колісного трактора ХТЗ серії 170 були вибрані гідравлічні машини та уточнені їх параметри. За параметрами вибраних гідравлічних машин уточнені гідравлічні характеристики (тиск та витрата) гідроприводу, вибрана гідроапаратура, розраховано діаметри трубопроводів, визначено ККД гідроприводу, та зроблено його тепловий розрахунок. На основі вибраної та уточненої номенклатури компонентів гідроприводу було складено та описано принципову гідравлічну схему гідроприводу ходової системи колісного трактора ХТЗ серії 170.

6. В роботі багато уваги приділено вимогам безпеки і охорони праці під час використання тракторів і мобільних енергетичних засобів та охороні довкілля. Розроблена карта контролю трактора ХТЗ-17021 по показниках безпеки дозволяє значно підвищити якість підготовки техніки до проведення ТО та підвищити рівень безпеки праці обслуговуючого персоналу.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ключников А. В. Тенденции развития трансмиссий колесных тракторов // Техника и оборудование для села, 2012. – № 1 (175). – С. 43–47.
2. Щельцын Н. А., Фрумкин Л. А., Иванов И. В. Современные бесступенчатые трансмиссии сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельхозмашины, 2011. – № 11. – С. 18–26.
3. 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.
4. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Закордонні трактори країн: посібник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 600 с.
5. Самородов В. Б., Бондаренко А. І. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідروб'ємно-механічних трансмісій // Автомобильный транспорт, 2012. – № 30. – С. 13–22.
6. Панченко А.І., Волошина А.А. Сучасні трактори сільськогосподарського призначення. Трактори країн СНД: посібник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. – 176 с.
7. Погорілець О.М. Гідропривод сільськогосподарської техніки // Навчальне видання / Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д., Пастушенко С.І.; за ред. Погорільця О.М. – К.: Вища освіта, 2004. – 368 с.: іл.
8. 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.
9. 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.

10. 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.

11. Котиков В.М., Ерхов А.В. Тракторы и автомобили: . – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 416 с.

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

13. 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.

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

15. Дідур В.А., Савченко О.Д., Пастушенко С.І., Мовчан С.І. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод: навчальний посібник. – Запоріжжя: Прем'єр, 2005. – 464 с.; іл.

16. 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.

17. 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. – 96 с.

18. 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. – 28 с.

19. Финкельштейн З.Л. Эксплуатация гидравлического оборудования: учебное пособие. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 123 с.

20. 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.

21. Рогач Ю.П. Пожежна безпека / Ю.П. Рогач. – Сімферополь, Таврия Плюс, 2001. – 124с.

22. Луценков В.Л., Бутко Д.А., Крыжачковский Н.Л. и др. Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности. – К.: Урожай, 1993 – 296 с.