

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри тракторів,  
автомобілів та біоенергоресурсів

(назва кафедри)

Свген КАЛІНЦІ

(підпис)

(ПІБ)

\_\_ ” листопада 2023 р.

УДК 631.372.06

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ

ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА НА ОПЕРАЦІЯХ З ОСНОВНОГО

ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма Технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарського виробництва»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(назва)  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Андрій НОВИЦЬКИЙ

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Олександр ЛАВРІНЕНКО

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Максим ВІТКІВСЬКИЙ

(ПІБ студента)

КИЇВ - 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів, автомобілів та  
біоенергоресурсів

(назва кафедри)

НУБІП України

Д.т.н., професор  
(науковий ступінь, вчене звання)

Євген КАЛІНІН  
(ПІБ)

20 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

НУБІП України

Вітківському Максиму Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарського виробництва»

НУБІП України

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Покращення експлуатаційних показників використання трактора на операціях з основного обробітку ґрунту

затверджена наказом ректора НУБіП України від “28” травня 2023 р. № 463 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_

(рік, місяць, число)

НУБІП України

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: технічна характеристика тракторів, технології проведення операцій основного обробітку ґрунту, технічна характеристика сільськогосподарських машин, агротехнологічні вимоги до виконання операцій

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз використання агрегатів на основному обробітку ґрунту
2. Визначити умови роботи тракторів на оранці
3. Провести тяговий розрахунок трактора та тепловий розрахунок двигуна
4. Запропонувати технічні рішення для ефективного використання трактора

НУБІП України

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання “ ” 20 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

НУБІП України

К.т.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Олександр ЛАВРІНЕНКО  
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Максим ВІТКІВСЬКИЙ  
(ПІБ студента)

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота у своєму складі налічує: 52 сторінки тексту машинописного, 11 таблиць з числовими даними, 18 рисунків, схем та графіків сумарно, 27 опрацьованих літературних праць та додатки.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є трактор загального призначення, котрий використовується на операціях з основного обробітку ґрунту.

Метою магістерської роботи вважається дослідження умов агрегування сільськогосподарських машин для обробітку ґрунту з трактором та визначення його основних параметрів для поліпшення техніко-економічних показників та вишукування оптимальних параметрів.

Методи дослідження, котрі використовуються в даній роботі, комп'юють у собі конструкторські рішення, теоретичні передумови та комп'ютерні розрахунками з застосуванням прикладних програм.

Також з метою отримання високих показників екологічності проєктованого дизельного двигуна запропоновано та раціонально обґрунтовано використати на ньому систему паливоподачі акумуляторного типу. Це дасть змогу більш раціонально та ефективно використовувати дизельне паливо.

Прораховано економічну складову запропонованих рішень, ефект від яких становить понад 63 тис. грн на один трактор при річному завантаженні в 1,6 тис. годин роботи на основних операціях.

|               |   |
|---------------|---|
| РЕФЕРАТ ..... | 3 |
| ЗМІСТ .....   | 4 |

ВСТУП ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

|   |  |
|---|--|
| РОЗДІЛ 1..... АНАЛІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ ТА<br>ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ..... | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
|---|--|

2.1. Фізико-механічні властивості ґрунту **Ошибка! Закладка не**

**определена.**

2.2. Способи та знаряддя для основного обробітку ґрунту ..... **Ошибка!**

**Закладка не определена.8**

1.3. Оранка плугами ..... 11

1.4 Ґрунтозахисний обробіток ..... 13

1.5 Безполицевий обробіток ґрунту ..... 15

1.6 Обробіток ґрунту знаряддями з активним робочими органами ..... 18

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ..... **Ошибка! Закладка не**

**определена.**

2.1 Аналіз розвитку дизельних двигунів і їх вплив на оточуюче  
середовище ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2 Тяговий розрахунок трактора та його теоретичний тепловий  
розрахунок двигуна ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3 Тяговий ККД трактора ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.4 Тепловий розрахунок дизельного двигуна ... .. 30

2.5 Динамічний розрахунок дизеля ..... 35

2.6 Застосування на дизельному двигуні системи паливоподачі під тиском  
аккумуляторного типу ..... 41

2.5 Вимоги до сучасної системи живлення дизельного ДВЗ ..... 42

2.6 Будова аккумуляторних систем Common Rail /// ..... 43

# НУБІП УКРАЇНИ

**определена.**

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

## ВСТУП

# НУБІП України

У сфері мобільної енергетики ключове значення мають трактори, автомобілі та самохідні сільськогосподарські машини. Ці машини становлять 72-75% загальної потужності у сільськогосподарських господарствах України.

# НУБІП України

Робота тракторів під час виконання механізованих польових робіт описується через енергетичні, технологічні, технічні, ергономічні та економічні показники якості.

# НУБІП України

Впровадження сучасної високопродуктивної техніки та передових методів обробітку та збирання сільськогосподарських культур сприяє інтенсифікації виробничих процесів у рослинництві. Це дозволяє підвищити продуктивність використання тракторного парку, зменшити робочу та технологічну складність процесів, що призводить до зниження витрат праці та зниження вартості виробництва.

# НУБІП України

Такий курс дій відповідає головним стратегічним напрямкам у сучасній аграрній політиці та має велике значення для національного господарства.

# НУБІП України

Розвиток тракторобудування орієнтується на підвищення енергоефективності та надійності, адаптацію для роботи в складі комбінованих МТГА і поліпшення умов механізатора. З метою максимального використання потужності енергоефективних тракторів і збільшення продуктивності розробляють МТГА на їх основі. Усі трактори тягового класу 3 та частина менших тракторів оснащуються повним приводом.

# НУБІП України

При експлуатації сучасних надпотужних тракторів з повним приводом у сільському господарстві, особливо під великим навантаженням, від ґрунту, контактного тиску від ведучих коліс та гака, може відбуватися деформація та зсув ґрунту. Це може призводити до зменшення швидкості руху агрегату та збільшення витрат енергії на подолання опору ґрунту.

# НУБІП України

Під час буксування трактора може статися зменшення швидкості руху, що призводить до зниження продуктивності агрегату. Це також може збільшити споживання палива і спричинити пошкодження структури ґрунту.

Використання повноприводних потужних тракторів має свої переваги, але супроводжується деякими проблемами. Серед них можуть бути складність конструкції та збільшення металомісткості, що можуть вплинути на ефективність використання. Також це може призвести до ущільнення ґрунту та погіршення його родючості та біологічних якостей.

Розв'язання цих проблем є головною метою мого дипломного проекту - знаходження ефективних шляхів поліпшення експлуатаційних характеристик трактора під час виконання сільськогосподарських робіт.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ ТА ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТІВ

## 1.1 Фізико-механічні властивості ґрунту

Механічний склад ґрунту має велике значення для визначення його властивостей та використання у сільському господарстві. Глинисті ґрунти, які складаються з більше ніж 50% глини, мають тенденцію до ущільнення та легко утворюють глинисті грудки, що ускладнює обробіток та може спричинити проблеми з повітряним режимом.

Суглинкові ґрунти (20–50% глини) мають більш сприятливі властивості для обробітку, оскільки менше глини сприяє більшій проникності води та повітря через ґрунт. Це полегшує роботу машин та сприяє кращому розвитку рослин.

Супіщані та піщані ґрунти мають менше глини і тому вважаються легкими для обробітку, але вони можуть мати проблеми з утриманням вологи та поживних речовин для рослин, оскільки вони швидко пропускають воду та легко втрачають поживні речовини.

Враховуючи це, вибір методів обробітку ґрунту та вибір сільськогосподарської техніки часто залежить від механічного складу ґрунту на певній ділянці.

Вологість ґрунту грає ключову роль у його родючості та механічних властивостях. Наприклад, більш ніж  $1000 \text{ кг/м}^3$  щільність ускладнює роботу з ним, тоді як менше  $1000 \text{ кг/м}^3$  вказує на добре розпушений ґрунт.

Твердість ґрунту, його опір під тиском, змінюється залежно від вологості і структури. Наприклад, підорні шари мають щільність від  $1400$  до  $1600 \text{ кг/м}^3$ .

Ці параметри важливі для вибору оптимальних методів обробітку ґрунту та керування ним для досягнення оптимальних умов для росту рослин.

Пористість ґрунту характеризує об'єм порожнеч у ньому. Для культурної ріллі пористість складає 55-65%, у розпушеному ґрунті ця цифра більше 60%.



Для розвитку рослин оптимальна пористість в 50-55%, менше 50% вважається недостатньою для нормального росту рослин.

## 1.2 Способи та знаряддя для основного обробітку ґрунту

У той час людина обробляла ґрунт неглибоко, роблячи спроби як-небудь загорнути насіння. В історії цей проміжок вважають періодом мотичного землеробства. Поступовий перехід від мотичного до плужного землеробства з використанням примітивних дерев'яних плугів і тваринної тяги знаменував собою відповідний прогрес та тривав багато віків. Період становлення й розвитку плужного обробітку ґрунту майже до XX ст. характеризувався домінуванням цього типу заходів у землеробстві та поступовим удосконаленням плуга. Наступний етап у розвитку обробітку ґрунту ініційований становленням капіталізму і його технічної бази. Використання енергозасобів із двигунами внутрішнього згоряння дало змогу вдосконалити ґрунтообробні знаряддя та збільшити площі орних земель. При цьому глибина обробітку ґрунту поступово збільшувалась.

Історично, механічний обробіток ґрунту пройшов складний та довгий шлях розвитку. Фахівці вважають, що в Україні він почався ще за періоду трипільської культури, і протягом близько чотирьох тисяч років зазнавав численних змін. Тоді люди обробляли ґрунт не дуже глибоко, експериментуючи зі способами сівби. Цей період вважають епохою мотичного землеробства.

Поступовий перехід від мотичного до плужного обробітку ґрунту за допомогою простих дерев'яних плугів і використанням тваринної тяги відображався в прогресі, який тривав століттями. Зародження та розвиток плужного обробітку ґрунту аж до XX століття відзначався переважанням цього методу в землеробстві та постійним удосконаленням плуга. Наступний етап розвитку обробітку ґрунту наступив із появою капіталізму та його технічних нововведень. За допомогою двигунів внутрішнього згоряння вдалося вдосконалити знаряддя для обробітку

грунту та розширити орних земель. Під час цього процесу глибина обробітку ґрунту поступово збільшувалась.

Уже з XVIII століття в Україні та інших європейських країнах виникла ідея переваг глибокої оранки, яка набула широкого поширення. За цей метод виступали відомі вчені та фахівці того часу, серед яких були А. Т. Болотов, Д. І. Менделєєв, І. М. Комов, К. А. Тімірязєв. Зокрема, Д. І. Менделєєв вважав, що поглиблена оранка має захищати рослини як від недостатку, так і від надмірної вологості. Проте він одночасно закликав до ретельного вивчення ефективності поглиблення обробітку за умов різних територій.

Важливим кроком у вивченні систем обробітку ґрунту стало створення агрономічних дослідних станцій наприкінці XIX - на початку XX століття. Початок їхньої діяльності спричинив стрімке зростання кількості експериментальних досліджень. З цих досліджень вчені прийшли до висновку, що при визначенні глибини оранки слід брати до уваги властивості ґрунту, клімат та ботаніко-біологічні особливості рослини. В цьому питанні з'явилися розбіжності, і серед агрономів з'явилися як прихильники, так і супротивники глибокої оранки.

Іван Євгенович Овсінський (1856–1909), видатний український учений-агроном, був одним із активних противників традиційних методів обробітку ґрунту. Ще у кінці XIX століття він висловлював підтримку безплужного обробітку ґрунту. Овсінський реалізував на практиці ідеї попередніх вчених та впровадив теоретико-методологічні та практичні основи "нової системи землеробства", яку тепер можна назвати органічною. У 1899 році він розробив систему поверхневого обробітку ґрунту без обергання скиби та смуго-рядкової (стрічкової) сівби, яку представив як нову систему землеробства.

На початку XX століття в південно-європейських країнах почали використовувати лише пружинні культиватори для обробки ґрунту. Поле розпушували кожні 10-12 днів до посіву, збільшуючи глибину обробітку, яка досягала 20 см на момент сівби. Автори цієї методики вважали, що глибоке безплугове розпушування з поступовим збільшенням глибини забезпечує кращу

якість ґрунту порівняно з оранкою. За цієї технологією врожайність вівса сягала 44 ц/га, а ячменю - 37 ц/га. Цей спосіб основного обробітку ґрунту практикували й продовжують практикувати в сухих районах Франції.

Український агроном і науковець В. Г. Ротмістров (1914) вважав, що оранка на глибину понад 9 см є недоцільною, оскільки коріння рослин виходить за межі орного шару вже через декілька днів після посіву і невдовзі досягає глибини 1 метр. Тому розпушений шар ґрунту на глибину 15, 20 або 25 см мало сприяє проникненню коренів вглиб ґрунту.

М. П. Кудінов, ґрунтуючись на дослідах агрономічних дослідних станцій, прийшов до висновку, що поглиблення оранки під ярі культури приносить додатковий врожай, який перевищує витрати.

Якщо у XIX столітті вчені і практики рекомендували глибоку оранку, не визначаючи граничну глибину для різних культур та типів ґрунту, то на початку XX століття було набагато більше досвіду щодо глибини обробітку. Більшість дослідників прийшли до висновку, що оптимальною є глибина 18-22 см навіть під найвимогливіші культури до глибини обробітку. Тільки у деяких випадках вона може досягати 25-27 см. Подальше поглиблення орного шару не приносило значного підвищення врожайності або це підвищення було незначним.

Теоретичні та практичні аспекти оранки з обертанням скиби були розроблені і розглянуті у працях В. Р. Вільямса (1946 р.). Згідно з його твердженнями, у верхній частині орного шару, через різні чинники, структура ґрунту, що вважалася основою родючості, руйнується, тоді як у нижніх шарах, де умови є анаеробними, вона відновлюється. Метою оранки було взаємне переміщення верхньої розпиленої та нижньої оструктуреної частин орного шару.

Безполицевий обробіток ґрунту – це обробіток без перевертання скиби з максимальним збереженням на поверхні поля залишків попередника. Цей вид обробітку виконують плугами без полиць, а також культиваторами, чизельними плугами, низель-культиваторами, глибокорозпушувачами та іншими інструментами, особливо у районах, де поширена вітрова або водна ерозія.

Т. С. Мальцев винайшов унікальний на той час інструмент – безполицевий плуг, відомий як плуг Мальцева, що мав круто поставлений леміш. Цей плуг дозволяв добре розробляти ґрунт без обертання скиби. Він представляв собою модифікований звичайний плуг з відсутністю полиць та передплужником зі зміненими стояками і лемішем для розпушування нижньої частини оброблюваного шару. Цей плуг, за двома проходами – вздовж і поперек поля, забезпечував добре розроблений ґрунт на значну глибину (до 50 см). У поєднанні з дисковими ґрунтообробними інструментами та відповідною системою обробітку, це може підвищити врожайність і забезпечити чистоту полів від бур'янів.

Система ґрунтозахисного обробітку ґрунту, яка була розроблена для боротьби з цим негативним явищем, базується на використанні плоскорізальних інструментів, які обробляють ґрунт на різну глибину, спільно зі смуговим розміщенням парів, використанням снігозатримання та інших заходів для боротьби з вітровою ерозією. Після застосування плоскорізного обробітку на поверхні поля залишається близько 80–90% стерні, що запобігає її вносу. Для озимої пшениці та інших зернових культур досить ефективним є використання дискових інструментів. Такий обробіток енергоощадний та менш витратний порівняно з традиційною відвальною оранкою.

### 1.3. Оранка плугами

Застосовують плуги для основного обробітку (оранки) ґрунтів з обертанням (або без) скиб чи просто з розпушуванням по глибині. По призначенню плуги бувають спеціальні та широкого призначення. Спеціальний плуги – це садові, ярусні, чагарникові, ярусні та ін.

По конструкції самих корпусів плуги частіше всього можуть бути лемішні або полицеві, без полиці, чизелі, роторно-дискові, розпушувачі та ін.

Основний класифікаційний параметр плугів це кількість корпусів. Від однокорпусних до дев'яти- та більше корпусів. Найбільші плуги мали по 12 або

й більше корпусів. Звичайно такі плуги вимагали потужних енергозасобів з відповідним тяговим зусиллям.

Як вже прийнято, звичайні полицеві плуги використовують на основній оранці з глибиною обробітку до 35 см, а от спеціальні плуги застосовують не часто а в основному на обробці землі в садах та виноградниках а також при розробленні нових угідь. Дискові плуги (або дискові глибокі борони) застосовують ефективно саме на зволжених та болотистих ґрунтах.



Рис. 1.1 Виконання глибокої оранки п'ятикорпусним обероним плугом. По способу агрегування усі плуги діляться на начіпні, причіпні та напівначіпні.

З агротехнічної точки зору плуги повинні виконувати обробіток ґрунту на задану глибину, підрізати в повній мірі скиби ґрунту, перевертати скибу подрібнивши та розсипавши на дні борозни. При цьому добрива з рослинними рештками повинні розміщуватись на глибині в межах 14-16 см.

Призначення передплужників – підрізати дві треті ширини скиби ґрунту та перемішувати верхній шар на дно борозни при цьому глибина робочого ходу лежить в межах до 12 см.

Цілісна рівномірна поверхня зораного поля є ключовим фактором. Щоб відповідати стандартам, скиби повинні мати прямолинійну форму й міцно взаємоприлягати, уникати глибоких борозен чи гребенів (висота останніх не перевищує 5 см). Відхилення в глибині оранки не повинні перевищувати  $\pm 2$  см, забезпечуючи рівномірне розпушення поверхні поля.

Всі корпуси плуга мають мати однакову ширину захвату з відхиленням не більше 10%. Після проходу плуга дно борозни має бути чистим. Також плуги повинні мати можливість приєднання борони або котка. Безполицеві корпуси мають залишати на поверхні поля 75-85% стерні, уникаючи розпилення ґрунту, і не повинні формувати отріхів на зораному полі.

#### 1.4 Ґрунтозахисний обробіток

Безвідвальний ґрунтозахисний обробіток передбачає залишення рослинних залишків попередньої культури на поверхні ґрунту, зменшення глибини і кількості розпушень, а також відновлення втрачених елементів живлення шляхом внесення добрив. В цій системі враховується необхідність розширеного відновлення родючості ґрунтів.

Індустріалізація сільського господарства в сучасний період супроводжується стрімким зростанням енергоефективності. Розробка більш продуктивних ґрунтообробних органів, знарядь та машин підвищує можливості інтенсивності та глибини обробітку. Проте на практиці часто виявляється, що збільшення інтенсивності обробітку може мати негативні наслідки. Витрати на обробіток ґрунту зростають швидше, ніж урожайність культур. Кожен прохід машини по полю ущільнює ґрунт, що негативно впливає на його структуру, якість наступних обробітків та урожайність культур.

Вивчення свідчить, що ґрунт, який складається з мікроагрегатів, теоретично може бути ущільнений до  $1,5-1,6$  г/см<sup>3</sup>, а макроагрегатні ґрунти мають верхню межу ущільнення  $1,1-1,2$  г/см<sup>3</sup>. Таким чином, залежно від вмісту макроагрегатів у ґрунті, його можливість ущільнення може варіюватися. У багатьох розвинених країнах відмовляються від багаторазового обробітку ґрунту

та розвивають методи безполицевого обробітку зі збереженням післяжнивних залишків попередньої культури. Це призвело до розвитку технологій мінімального та нульового обробітку ґрунту.

Диференційований підхід до обробітку ґрунту відображає різноманіття умов, що впливають на родючість ґрунту та врожайність культур. Ця різноманітність не обмежується лише дослідженням, але й враховує величезне розмаїття ґрунтових і кліматичних умов в Україні. Країна поділена на чотири ґрунтово-кліматичні зони та дев'ять підзон, 23 види ґрунтів та близько 1150 їх підвидів. З цих причин неможливо встановити універсальний метод обробітку ґрунту, особливо при відсутності сталої системи землекористування.

Фахівці та науковці аграрної галузі дійшли висновку, що оранка як система обробітку ґрунту не є оптимальною для всіх культур у системі сівозміни. Замість цього, обробіток ґрунту повинен бути різним по глибині, включаючи глибокі, середні, мілкі, полицеві та безполицеві методи, які чергуються залежно від вимог конкретних умов та культур.

Так, систематичний застосунок оранки з різним по глибині-відвальним обробітком ґрунту може створити глибокий орний шар, який сприяє ефективному росту та розвитку більшості культурних рослин. Проте важливо враховувати, що ефективність оранки висока в умовах нормального або підвищеного зволоження та відсутності водної чи вітрової ерозії.



Рис. 1.2 Виконання ґрунтозахисного обробітку комбінованим агрегатом

Але постійне використання полицевої оранки може негативно позначитися на структурі ґрунту. Це може привести до збільшення рівноважної щільності, зниження вмісту органічної речовини (гумусу) та зменшення ерозійної стійкості ґрунту. Крім того, систематичне орання може збільшувати непродуктивне випаровування вологи з ґрунту.

Одним із способів уникнення цих негативних наслідків може бути різноманітність підходів до обробітку ґрунту, де чергування різних методів обробітку дозволяє зберігати структуру ґрунту та збільшувати його стійкість до ерозії, підвищуючи вміст органічної речовини.

### 1.5 Безполицевий обробіток ґрунту

Безполицевий обробіток ґрунту може мати, як позитивні, так і негативні наслідки на його властивості. В зоні Степу та південного Лісостепу у посушливі роки безполицевий обробіток може поліпшити водний режим ґрунту під час сівби озимих та ярих культур, особливо у верхній частині оброблюваного шару. Це може призвести до покращення щільності, загальної пористості, та зростання вмісту органічної речовини у цьому шарі.

Проте, тривалий безполицевий обробіток може спричинити зменшення родючості та продуктивності ґрунту через накопичення мінеральних добрив у верхній шарі (на глибині 5-10 см), що може призвести до локального підкислення ґрунтів. Таке зосередження добрив може вплинути на біологічну активність ґрунту та його загальний стан, знизивши його родючість на третій-четвертий рік застосування такої техніки обробітку.

Так, практика обробітку ґрунту визначається багатьма факторами, включаючи ґрунтово-кліматичні умови, попередника, специфіку вирощуваних культур та методики використання добрив. У розвинених країнах, де розвиток сільського господарства та машинобудування є значними, бачимо широкий спектр сучасних ґрунтообробних знарядь, включаючи плуги різних типів та моделей.



НУБІ

НИ

НУБІ

НИ



Рис. 1.3 Безполицевий обробіток ґрунту чизельним знаряддям

Плуги залишаються популярними через деякі переваги, що вони пропонують, такі як ефективність в обробці, можливість регулювання глибини обробітку, а також консервативність у використанні технологій, які вже доведені в часі.

Заміна плугів на новітні агрегати вимагає значних фінансових витрат, але часто може бути виправдана в майбутньому через більш ефективний та менш втомлюючий обробіток ґрунту, економію часу та ресурсів. Однак аграрний консерватизм і ретельне вивчення переваг та недоліків нових технологій завжди грають ключову роль у прийнятті рішень щодо їх впровадження в сільське господарство.

Так, комбінований підхід до обробітку ґрунту може мати значний потенціал у мінімізації негативних наслідків та максимізації користі від обробітку. Поєднуючи різні методи обробітку на різну глибину, цей підхід спрямований на оптимізацію структури ґрунту та забезпечення оптимальних умов для розвитку рослин.

Наприклад, поєднання оранки з поверхневим обробітком дозволяє створити глибокий орний шар, але зберегти на поверхні певну кількість післяжнивних решток, які можуть захищати ґрунт від ерозії та сприяти покращенню його структури. При цьому використання безполицевого обробітку на малих глибинах дозволяє підтримувати більшу частину органічного матеріалу

на поверхні, що може сприяти підживленню ґрунту та розвитку кореневої системи рослин.

Цей підхід враховує унікальність ґрунтових умов, властивостей культур і специфічних кліматичних факторів. Такий різноглибокий підхід до обробітку ґрунту може бути ефективним у мінімізації негативного впливу на ґрунтовий покрив та забезпеченні оптимальних умов для росту культурних рослин.

### **1.6 Обробіток ґрунту знаряддями з активним робочими органами.**

Так, знаряддя з активними робочими органами дійсно виконують важливі завдання в обробці ґрунту, особливо у вирощуванні овочевих та інших дрібнонасіньових культур. Їхнє використання дозволяє активно розпушувати та перемішувати ґрунт, створюючи однорідний шар, що сприяє покращенню структури ґрунту, а також розподілу вологи та повітря в ґрунті.

Ці машини дозволяють ефективно працювати з різними типами ґрунту, навіть у важкодоступних місцях. Вони можуть бути особливо корисними для розвитку кореневої системи рослин, сприяючи кращому доступу повітря та води до коренів, що впливає на їх здоров'я та розвиток. Такий тип обробітку ґрунту допомагає також у зниженні ерозії та підвищенні плодючості ґрунту, що може

стати ключовим для досягнення високих врожаїв в дрібнонасіньових культурах.

Так, ротажні машини, такі як ротажні борони або фрези, використовують радіально розташовані активні робочі елементи, що забезпечують складний рух по ґрунту. Під час руху таких агрегатів, активні елементи здійснюють комбінацію обертального та поступального руху, який сприяє інтенсивному розпушуванню ґрунту.

Більша кількість ножів на роторі, вища швидкість обертання та менша швидкість руху агрегату можуть сприяти кращому подрібненню ґрунту. Цей процес подрібнення важливий для підготовки ґрунту перед посівом чи посадкою рослин, оскільки дрібнозернистіше структурування ґрунту може сприяти росту кореневої системи рослин, полегшити доступ до води та поживних речовин, а також сприяти легній аерації ґрунту.

Машини LEMKEN, зокрема ротаційні борони Zirkon, відомі своєю ефективністю в обробці ґрунту (Рис. 1.1). Ці ротаційні борони здатні інтенсивно перемішувати та кришати ґрунт на знанній глибині, що сприяє покращенню структури та підготовці ґрунту перед висівом чи посадкою рослин.

Моделі Zirkon 8 та Zirkon 12, хоч і виконані за однією конструкційною схемою, мають свої особливості та можливості. Наприклад, Zirkon 12, як більш продуктивна модель, може працювати в більш жорстких умовах, має розширені опції для комбінування з іншими знаряддями та надає більше можливостей у варіантах конфігурації.

Ці машини можуть використовуватися як самостійні агрегати, так і в складі комбінованих систем для обробки ґрунту, що дає можливість забезпечити оптимальні умови для росту рослин та підвищити ефективність сільськогосподарських процесів.



Рис. 1.4 Ротаційна борона Zirkon від LEMKEN на обробітку ґрунту

Компанія Maschio Gaspardo спеціалізується на виробництві ротаційних фрез, які відзначаються високою продуктивністю та ефективністю у складних ґрунтових умовах (рис. 1.2). Їх ротаційні борони з вертикально розміщеними роторами дозволяють якісно підготувати важкі ґрунти для висіву дрібнонасінневих культур та дотримуватися встановленої глибини обробітку.

Ці машини відрізняються не лише високою продуктивністю, а й надійністю. Основні робочі органи – вали роторів – мають стійкість до ударів скручування. Точність дотримання збігання осей підшипників важлива для

легкого обертання роторів і запобігання появі шуму під час роботи агрегату. Використання системи ущільнювальних і захисних пристроїв корпусу редуктора сприяє уникненню пошкоджень підшипників та захисту від пилу і вологи, що забезпечує тривалу та ефективну роботу машини.

Компанія AMAZONE виготовляє ротаційні борони та культиватори, що представлені у різних модифікаціях.



Рис. 1.5 Ротаційна фреза Maschio Gaspardo

Ротаційні борони моделі KE доступні у двох розмірах - з шириною захвату 2,5 та 4 метри. Вони відрізняються міцною рамою та жорсткими роторними валами з системою кріплення зубців, що забезпечує надійність у роботі. Борони KE придатні для використання в комбінації з котками та сівалками AMAZONE і мають великий вільний простір, що дозволяє їм працювати на полях з великою кількістю попередників (рис. 1.6).

Зокрема, модель KE оснащена новим спрощеним інноваційним редуктором приводу e-box, що сприяє покращенню ефективності й надійності машини.

Система Safe-System у ротаційних боронах серії KE від AMAZONE - це інтегрований захист від камінців, що дозволяє зубцям у разі удару об камінь відхилитися завдяки великому вільному ходу. Зубці мають інше кріплення у

гніздах, що дозволяє їм працювати стійко та зменшує ризик пошкодження від камінців.



Рис. 1.6 Борони KE AMAZONE в комбінації з котками та сівалкою. Зокрема, модель KE оснащена новим спрощеним інноваційним редуктором приводу e-box, що сприяє покращенню ефективності й надійності машини.

Система Safe-System у ротатійних боронах серії KE від AMAZONE - це інтегрований захист від камінців, що дозволяє зубцям у разі удару об камінь відхилитися завдяки невеликому вільному ходу. Зубці мають міцне кріплення у

гніздах, що дозволяє їм працювати стійко та зменшує ризик пошкодження від камінців.

Регулювання глибини обробки у ротатійних агрегатах AMAZONE можливе за допомогою перестановки та повертання ексцентрикового болта на 16 різних ступенів. Під час роботи, кронштейн притискається до ексцентрикового болта знизу, що дозволяє легше подолати випадкові перешкоди.

Ротатійні борони KATOR KN від компанії BEDNAR представляють серію активних робочих секцій, що вирізняються широким діапазоном робочої ширини - від 3 до 8 метрів (рис. 1.4). Ці борони дозволяють забезпечити якісну підготовку ґрунту для наступної сівби за один прохід. Глибина обробки варіюється від 0 до 20 см, що дає можливість налаштувати робочі параметри під конкретні вимоги.

Однією з ключових переваг цих борін є їхні можливості працювати в умовах пересихання ґрунту. Це дуже важливо, особливо у випадку необхідності провести основний та передсівний обробітки ґрунту за короткий проміжок часу, зберігаючи при цьому максимальну вологість для оптимального розвитку насіння.



Рис. 1.7 Активні ротаційні борони KATOR KN компанії BEDNAR.

Модель ротаційних борін HR від компанії Kuhn (рис. 1.8) вражає своєю надзвичайно міцною конструкцією. Корпус, товщина якого складає 8 мм, виготовлений зі спеціальної сталі, що забезпечує високу міцність цього інструменту. Унікальність ротора полягає у конічних упорних підшипниках, особливій формі привідної шестерні та виготовленні поздовжніх зубців на валу методом холодної пластичної деформації, що підвищує міцність цієї частини. Внутрішнє наповнення напіврідким мастилом забезпечує роботу ротаційної борони без необхідності змащення протягом усього терміну експлуатації.



Рис. 1.8 робота трактора з ротатійною бороною від Kuhn

НУБІП України

Ротатійні бороны Kuhn можна використовувати як самостійний інструмент, так і у поєднанні з іншою сільськогосподарською технікою,

наприклад, з сівалкою. У такому випадку сівалку монтуватимуть безпосередньо

НУБІП України

на опорне пасі бороны. Цей метод комплектування дозволяє забезпечити компактні розміри агрегату вздовж його довжини і дозволяє легко роз'єднувати машини за потреби. Особливостями такого поєднання є рівномірний розподіл ваги агрегату та точне дотримання глибини проникнення робочих органів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Трактори залишаються ключовими енергетичними засобами для механізованого вирощування сільськогосподарських культур. Концепція сучасного трактора, оптимального для використання в сільському господарстві, охоплює універсальний тягово-приводний апарат, обладнаний спеціальними шинами і економічним двигуном. Такий трактор має стандартні передні та задні кріплення, швидкі з'єднувальні пристрої та коробку перемикачів передач з використанням діапазонів.

Останнім часом фірми, що виробляють сільськогосподарську техніку, запропонували різні варіанти тракторів - від простих до складних та високотехнологічних. Раніше базові моделі були найбільш складною комплектацією, але останнім часом акцент зміщується на простіше обладнання, доступне більш широкому колу клієнтів. Кожен виробник тепер дає споживачам можливість обирати комплектацію, яка відповідає їхнім потребам і фінансовим можливостям.

Підвищення ефективності використання тракторів тісно пов'язане з вибором потужності, що відповідає масі трактора. Останні дані зарубіжних конструкцій свідчать про середню енергонасиченість колісних тракторів, яка становить близько 16 кВт на тону. Це свідчить про аналогічні шляхи фірм до компонованих варіантів тракторів та вибору типу (функції) залежності повної маси від потужності встановленого ДВЗ. Проте рівень енергонасиченості може коливатися, особливо при випуску декількох моделей з різними потужностями у межах однієї серії.

У традиційному компонованні колісних тракторів спостерігається розширення діапазону потужностей, проте в останні роки максимальне значення цього діапазону залишається сталою, орієнтовно близько 140 кВт.

Результати дослідження технічних та економічних показників використання тракторів наведено у таблиці 2.1.



Таблиця 2.1

Техніко-економічні показники тракторів різної потужності

| Показники використання               | Потужність, к.с. |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 50               | 100  | 150  | 200  | 250  | 300  | 350  | 400  |
| Мін. витрата пального, г/к.с.        | 186              | 165  | 156  | 150  | 148  | 146  | 145  | 145  |
| Питома маса, кг/к.с.                 | 63               | 46,8 | 40,5 | 37,5 | 35,3 | 34,5 | 32,3 | 29,9 |
| Вартість одиниці потужності, \$/к.с. | 706              | 596  | 537  | 515  | 485  | 478  | 471  | 464  |

Пристосування до змінного тягового навантаження реалізується завдяки значному запасу крутного моменту, що становить в межах 33-44%. Однак і зовнішня швидкісна характеристика двигуна має зону сталої потужності при понижених швидкості обертання колінчастого вала двигуна на 35-40%.

Наприклад, у двигунів серії 6000 від компанії John Deere запас крутного моменту складає 44,2%, а постійна потужність зберігається в числовому проміжку частоти обертання колінчастого вала від 1800 до 2300 об/хв.

При розрахунках вчені намагалися різними методами визначити мінімально необхідну масу трактора  $W$  та потужності двигуна  $N_e$  використовуючи тяговий баланс потужностей трактора [4, 5]. Ці методи базуються на нелінійній залежності буксування ведучих коліс трактора  $\delta$  при виконанні основного обробітку ґрунту від тягового зусилля  $P_t$ , które утворюється на гаку.

## 2.1 Аналіз розвитку дизельних двигунів і їх вплив на оточуюче середовище

### Механічна система живлення

Сучасний етап розвитку систем живлення для тракторних, комбайнерних та автомобільних дизелів, зокрема тих, що використовують механічне регулювання, свідчить про вичерпання практичних можливостей традиційних рішень. Хоча ці системи продовжують використовуватися і донині, на сучасному етапі порівняння їхньої ефективності свідчить про те, що система живлення,

заснована на використанні насосів з механічним регулюванням, демонструє деякі переваги перед іншими системами. Відзначимо високу надійність цієї системи, відносно тривалий термін її експлуатації та невибагливість у використанні пального. Це явище не вимагає глибокого викладу, оскільки техніка, що базується на цій системі живлення, підтвердила свою ефективність та здатність функціонувати протягом багатьох років, забезпечуючи відмінну продуктивність.

Серед недоліків системи живлення з механічним регулюванням слід відзначити виникнення "пульсуючих хвиль" тиску у трубопроводах, які сполучають ПНВТ з форсунками при зміні витрати пального. Ці хвильові гідравлічні тиски можуть спричинити пошкодження паливопроводів, що становить серйозний ризик. У зв'язку з цим, дана система має обмеження на рівень тиску, який не перевищує 300 бар ( $300 \text{ кг/см}^2$ ). На жаль, системи такого типу з вищими значеннями тиску на сьогоднішній день не існують.

Це обмеження в тиску стає серйозним фактором, що ускладнює подальший розвиток та оптимізацію даної системи живлення, оскільки вищі значення тиску можуть покращити її продуктивність та ефективність, але поки не мають практичного застосування через ризик пошкодження паливопроводів.

### **Система Common Rail**

Властивості, пов'язані з оптимізацією кута випередження початку впорскування палива, рівномірністю подачі палива та контролем тиску впорскування, досягаються завдяки використанню систем живлення акумуляторного типу. У цих системах функції створення високого тиску та управління процесами подачі палива відокремлені. Приблизно половина дизельних двигунів (принаймні серед виробників, таких як Bosch, Denso, Siemens, Delphi) тепер комплектується відповідними пристроями цієї концепції.

Ці системи, розроблені провідними компаніями у сфері виробництва автомобільних компонентів, дозволяють досягти більшої точності в управлінні процесами впорскування пального. Вони забезпечують оптимальніші умови для роботи двигуна, забезпечуючи більш ефективне використання палива та

підвищуючи загальну продуктивність та надійність двигуна. Застосування цих новітніх технологій у системах живлення дозволяє автомобільній промисловості підвищувати ефективність та надійність транспортних засобів.

Принцип роботи системи Common Rail базується на подачі палива до форсунок від загального акумулятора високого тиску, який відомий як паливна рампа або "загальна рейка".

Перше відмінне поняття цієї системи полягає у тому, що тиск у паливній системі створюється і підтримується незалежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна або кількості палива, яке впорскується. Сами

форсунки впорскування палива відбувається за командою контролера електронного блоку управління (ECU) через вбудовані у них магнітні соленоїди, активація яких здійснюється з блоку управління. При цьому паливо, готове до

впорскування, постійно знаходиться під високим тиском у рампі, куди воно нагнітається спеціальним насосом відразу ж, щойно двигун починає робити перші оберти. Після цього паливо під загальним тиском постійно подається до

форсунок через паливопроводи.

Друга основна відмінність системи Common Rail від двигунів зі звичайними паливних насосів-форсунок кулачкового типу полягає в тому, що

піднімання голки форсунки здійснюється за допомогою соленоїда, а не просто тиском палива. Нікличність подачі палива (його кількість) визначається діями водія, а кут випередження і тиск впорскування контролюються програмним

забезпеченням, вбудованим у блок управління. Такий підхід дозволяє більш точно регулювати процеси впорскування палива, що призводить до ефективнішої роботи двигуна та підвищує його продуктивність.

Сучасні тракторні дизелі в значній мірі визначають показники паливної економічності та екологічної дружності залежно від методів управління та регулювання подачі палива та повітря. Точне та ефективне вдосконалення

систем автоматичного регулювання паливоподачі та забезпечення повітрям вкрай важливе. Проте регулювання подачі повітря турбокомпресором наразі у

тракторних дизелях створює значні технічні складнощі і практично не застосовується.

У зв'язку з цим, на сучасному етапі доцільно сконцентрувати зусилля на вдосконаленні системи регулювання подачі палива. На сільськогосподарських тракторах в даний час використовуються всережимні регулятори обертів дизеля, які автоматично підтримують з заданою точністю встановлену швидкість руху сільськогосподарських агрегатів під час виконання польових робіт як у номінальному, так і у часткових режимах, незалежно від зміни навантаження.

Це сприяє покращенню продуктивності тракторів у сільському господарстві, забезпечуючи оптимальне використання палива та збільшення ефективності роботи агрегатів, що використовуються на полях. Розвиток таких систем управління сприятиме подальшій оптимізації та покращенню показників роботи тракторних дизелів у сільському господарстві.

## 2.2 Тяговий розрахунок трактора та його теоретичний тепловий розрахунок двигуна.

Власне вихідними даними є наступні показники, вказані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані для розрахунку

| Назва показника  | Значення         |
|--|------------------|
| Двигун   |                  |
| Дизель з впорскуванням безпосереднім, чотири такти в кожному циліндрі                  |                  |
| Потужність номінал, кВт або к.сил  | 60 (або 81 к.с.) |
| Номінально-необхідна частота обертання колінчатого вала для номінал. потужності, об/хв | 2150             |
| Скільки циліндрів в блоці  | 4                |
| Середній діаметр уц иліндрі та абсолютн. хід поршнів, мм                               | 109 та 132       |
| Об'єм робочого двигуна, літр   | 4,62             |
| Максимально-можливий крутільний момент за 1390 об/хв, Н·м                              | 285              |

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Питома-ефективна витрата палива на номінал. пот., г/(кВт·год.)                       | 231                               |
| Коеф. великого запасу крутильного моменту, %   | 14                                |
| Об'єм паливних баків (сума), л   | 145                               |
| <i>ТРАНСМІСІЯ НА ПРОТОТИПІ</i>   |                                   |
| Диференціал самоблокувальний підвищ. тертя, гідрокерований, з примусовим увімкненням | однодискове                       |
| Зчеплення між ДВЗ та КП  | однодискове                       |
| Коробка зміни певних передач   | Синхромеханічна квадратна         |
| Редуктор проміжний знижувально-перемикальний   | Синхронізований                   |
| Перемикання основних передач на коробці передач                                      | Муфта синхронізаторна             |
| Кількість передніх та задніх передач   | 12,5 - 8                          |
| Передня швидкість руху, км/год.  | 63,6                              |
| Задня швидкість руху, км/год.  | 6,1 - 13,8                        |
| Задній незалежно-синхронний вал виборів потужностей                                  | Дві незалежні швидкості гідромех. |
| <i>ГІДРАВЛІЧНО-НАЧІПЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА</i>   |                                   |
| Нідйомність вантажу на начіпці позаду, кг  | 6300                              |
| Максимум тиску, кгс/см <sup>2</sup>  | 400                               |
| Насосу продуктивність, л/хв  | 48                                |
| Об'єм бака гідросистеми, л   | 32                                |
| <i>МАСА та РОЗМІРИ (для довідок)</i>   |                                   |
| Міжколісна суха база, мм   | 2330                              |
| Загальноприйнята довжина, мм   | 4130                              |
| Ширина між крайніми точками дзеркал, мм  | 2290                              |
| Висота по найвищій точці кабіни, мм  | 2920                              |
| Колія, мм  |                                   |
| передня  | 1330-2190                         |
| задня  | 1950-2340                         |
| Просто кліренс, мм   |                                   |
| під передніми колесами   | 633                               |

|  |         |
|--|---------|
| Під задніми колесами   | 498     |
| Мінімально-допустимий радіус повороту, м   | 6,2     |
| Експлуатаційно-суха маса без тракториста, кг   | 4350    |
| Шинний типовий розмір  |         |
| передні  | 13,3-21 |
| задні  | 17,5R39 |
| Номинально-можливе тягове зусилля на гачку трактора, що проектується, і трактора пониженого тягового класу $P_{ГК..H}=15,9$ кН, $P_{ГК..H}=9,6$ кН |         |

Дійсна реальна швидкість трактора на першій робочій передачі основного діапазону при оптимальній швидкості обертання колінчастого валу  $V_1=2,6$  м/с.

Стерня зернових буде основним агрофоном.

Коефіцієнти аналітичного буксування ведучих коліс трактора приймаємо  $a_1=3$ ,  $a_2=88$ .

Колісна ходова частина з формулою 4К4.

Коефіцієнт навантаження  $\lambda_{PH}=1,0$ .

Коефіцієнт загального опору перекочування  $f=0,11$

### 2.3 Тяговий ККД трактора

Вирахування значень тягового ККД трактора написано у табл. 2.2.

Таблиця 2.2  
Розрахунок значень тягового ККД трактора

| № рядка | Показник       | Значення показника |       |       |       |       |       |       |
|---------|----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         |                | 0                  | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,8   | 1,0   | 1,2   |
| 1       | $\alpha$       | 0                  | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,8   | 1,0   | 1,2   |
| 2       | $P_{ГК}$ , кН  | 0                  | 3,28  | 6,56  | 9,84  | 13,12 | 16,42 | 19,68 |
| 3       | $\lambda_P$    | 1,00               | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| 4       | $\varphi_{ГК}$ | 0                  | 0,08  | 0,16  | 0,24  | 0,32  | 0,39  | 0,48  |
| 5       | $\delta$ , %   | 0                  | 0,82  | 2,78  | 5,90  | 10,18 | 15,54 | 22,18 |
| 6       | $\eta_\delta$  | 1,000              | 0,992 | 0,972 | 0,941 | 0,898 | 0,82  | 0,778 |
| 7       | $\eta_f$       | 0                  | 0,444 | 0,615 | 0,706 | 0,762 | 0,83  | 0,828 |
| 8       | $\eta_{TP}$    | 0,927              | 0,927 | 0,927 | 0,927 | 0,927 | 0,927 | 0,927 |
| 9       | $\eta_{ТЯГ}$   | 0                  | 0,409 | 0,555 | 0,616 | 0,634 | 0,626 | 0,597 |

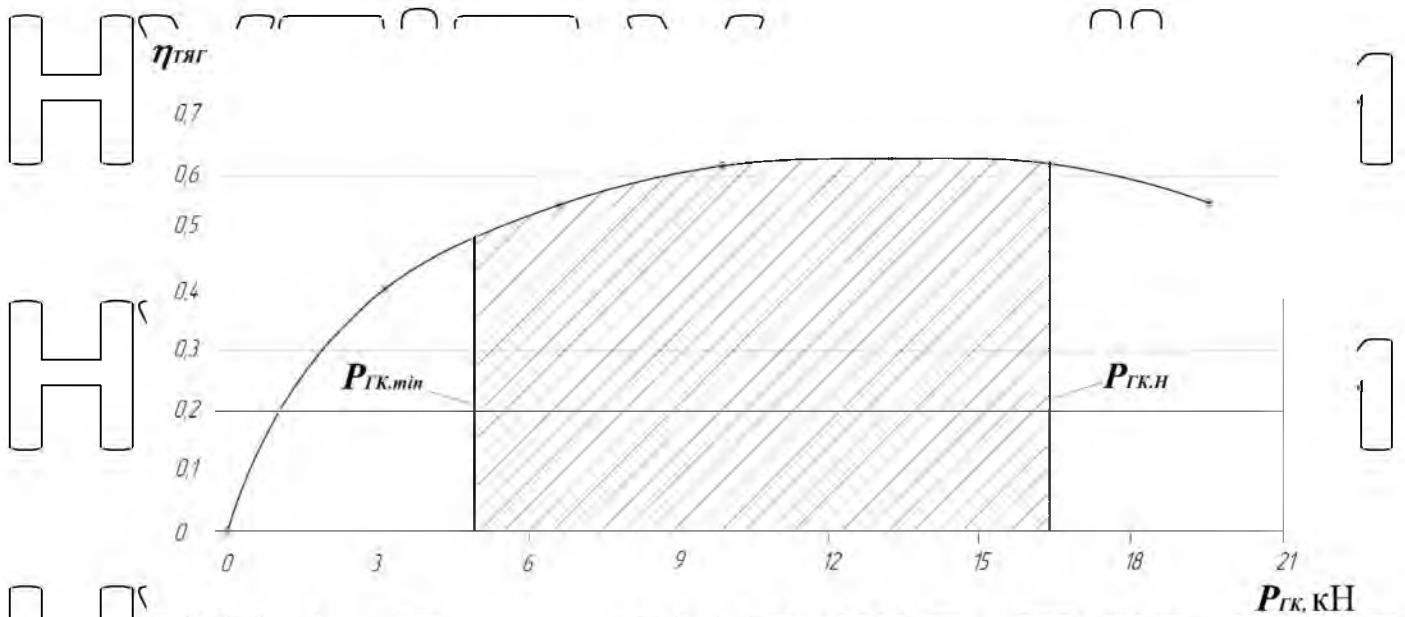


Рис 2.1 Тяговий ККД разом з діапазоном розрахунковим трактора

### 2.3 Основні параметри проектованого двигуна

Експлуатаційно-можлива потужність двигуна визначеться:

$$N_E = \frac{P_{гк.н} \cdot v_1}{\eta_{тяг.н}} \quad (2.1)$$

де  $\eta_{тяг.н}$  — ознака тягового ККД трактора на номіналі,  $\eta_{тяг.н} = 0,569$ .

$$N_E = \frac{16,4 \cdot 2,4}{0,626} = 62,88 \text{ кВт};$$

Приймаємо  $N_{ен} = 60$  кВт.

### 2.4 Тепловий розрахунок дизельного двигуна внутрішнього згоріння

Дані вихідні для теплового розрахунку ДВЗ наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Вихідні параметри для теплового розрахунку диз. ДВЗ

| Назва параметра                          | Одиниці<br>мірвання | Знак         | Число |
|--|---------------------|--------------|-------|
| Тактність у циліндрі дизеля              |                     | $\tau_{0в}$  | 4     |
| Ефектна потужність на номіналі дизеля    | кВт                 | $N_{ен}$     | 60    |
| Номінал об'єму частоти на холостому ході | об/хв               | $n_H$        | 2150  |
| Частота на макс. моменті $M_{max}$       | об/хв               | $n_M$        | 1780  |
| Максимум частоти холостого ходу          | об/хв               | $n_{хх max}$ | 2410  |

Продовження таблиці 2.3

|   |                 |                          |             |
|---|-----------------|--------------------------|-------------|
| Мінімальноможлива частота обертання холоста                     | об/хв           | $n_{xx \min}$            | 550         |
| Ступінь стискання повітря у циліндрі                            |                 | $\varepsilon$            | 19,0        |
| Політропа показна стискування                                   |                 | $n1$                     | 1,23        |
| Політропа показна розширювання                                  |                 | $n2$                     | 1,82        |
| Криволінійність ділянки впускання                               |                 | $n3$                     | 1,37        |
| Коефіцієнт використання корис. теплоти                          |                 | $\xi$                    | 0,79        |
| Коефіцієнт заокруглення донизу індикаторної діаграми            |                 | $\varphi_{скруч}$        | 0,88        |
| Степінь завищення тисків при горінні                            |                 | $\lambda$                | 2,12        |
| Підвищ. Температури свіжого у впускові                          | К               | $\Delta T$               | 22          |
| Швидкість усереднена заряду свіжості в перерізі проходу клапана | м/с             | $\omega$                 | 72          |
| Коефіцієнт врахування опору впускного колектору                 |                 | $(\beta^2 + \beta_{in})$ | 2,99        |
| Газово-універсальна   | кДж/(кмоль · К) | $\mu R$                  | 8,314       |
| Коефіцієнти   |                 | $A, B$                   | 0,11...0,01 |
| Газівна температура в кінці випускання                          | К               | $T_r$                    | 880         |
| Коефіцієнт дозаряджальний                                       |                 | $\phi_{доз}$             | 1,02        |
| Число циліндрів у блоці   |                 | $I$                      | 4           |
| Порядочок послідовної роботи циліндрів                          |                 |                          | 3-4-2-1     |
| Фази газорозподільні на впускному клапані:                      |                 |                          |             |
| відкриття   | О, до ВМТ       | $\theta_{вн1}$           | 17          |
| Закривання  | О, після НМТ    | $\theta_{вн2}$           | 47          |
| тривалість повного відкриття                                    | град.           | $\theta_{вн3}$           | 242         |
| випускальний клапан:  |                 |                          |             |
| відкриття   | О, до ВМТ       | $\theta_{вн1}$           | 56          |
|   | О, після НМТ    | $\theta_{вн2}$           | 18          |
| Тривалість повного відкриття                                    | град.           | $\theta_{вн3}$           | 254         |
| Перекриття двох і більше клапанів                               | град.           | $\theta_{пер.}$          | 39          |
| Кут випередження уприску палива                                 |                 | $\theta_{впорск.}$       | 28          |



Продовження таблиці 2.3

|   |             |             |        |
|---|-------------|-------------|--------|
| Діаметр номінальний всього циліндра                   | мм          | $D$         | 109    |
| Хід в циліндрі поршня з шатуном                       | мм          | $S$         | 112    |
| Довжина шатунової гурпи                               | мм          | $L_{ш}$     | 220    |
| Параметри дизельного палива (ДП):                     |             |             |        |
| Вуглець   | кг/кг       | $C$         | 0,881  |
| Водень  | кг/кг       | $H$         | 0,132  |
| Кисень  | кг/кг       | $O_2$       | 0,0051 |
| Показники гідрометцентру стосовно оточуючого повітря: |             |             |        |
| відносно суха вологість                               | %           | $W$         | 80     |
| газова постійна заст. повітря                         | Дж/(кг · К) | $R_{пов}$   | 286    |
| Молекулярно-масова маса повітря                       | кг/кмоль    | $\mu_{пов}$ | 29,79  |
| тиск у атмосфері                                      | мм. рт. ст. | $P_0$       | 759    |
| температура оточуючого повітря                        | °С          | $T_0$       | 20     |
| Коефіцієнт повного надлишку повітря                   |             | $\alpha$    | 1,66   |

Робочий цикл в індикторних показниках.

Усереднений тиск на індикаторі (або індикторний) в робочому циклі зазвичай вираховують по формулі, МПа:

- розрахунково-показний:

$$P_i' = \frac{P_0}{\varepsilon - 1} \left\{ \lambda (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{\varepsilon} \right)^{n_2 - 1} \right] - \frac{1}{n_1 - 1} \left[ \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} - 1 \right] \right\}; \quad (2.31)$$

$$P_i' = 0,9358 \text{ МПа}$$

- дійсний тиск індикаторного циклу по заокругленню:

$$P_i = P_i' \cdot \phi; \quad (2.32)$$

$$P_i = 0,9148 \cdot 0,96 = 0,9094 \text{ МПа.}$$

де  $\phi$  - коефіцієнт заокруглення індикаторної діаграми

Індикаторний сумарний ККД в дійсному циклі дизеля:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot \alpha \cdot l_0}{\eta_v \cdot \rho_0 \cdot h_n}; \quad (2.44)$$

де  $\rho_0$  - густина повітряного свіжого заряду повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$$\eta_i = \frac{0,9028 \cdot 1,95 \cdot 14,328}{0,921 \cdot 1,214 \cdot 43400} = 0,498$$

Литомовизначальна витрата палива індикаторного виду, г/(кВт·год):

$$g_i = \frac{3600000}{h_n \eta_i} \quad (2.33)$$

$$g_i = \frac{3600000}{42500 \cdot 0,489} = 173,1 \text{ г/(кВт·год)}$$

Ефективні по суті показники роботи дійсного циклу у дизельному ДВЗ наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4  
Результати (індикаторні та ефективні) при розрахунку розрахованого проектного дизельного ДВЗ

| Назва  | Одиниця виміру    | Позначення | Значення |
|--|-------------------|------------|----------|
| Тиск в атмосфері на рівні моря, середовище                         | Мпа               | $P_0$      | 0,1009   |
| Температура в середовищі навколишньому                             | К                 | $T_0$      | 293      |
| Густота заряду ИП суміші   | кг/м <sup>3</sup> | $\rho_0$   | 1,209    |
| Кількість повітря (та кисню) для згорання ДП:<br>в кіломолях на кг | кмоль/кг          | $L_0$      | 0,4946   |
| в кілограмах на кілограм   | кг/кг             | $l_0$      | 14,328   |
| Тиск кінцевий випуску газів в циліндра                             | Мпа               | $P_r$      | 0,1115   |
| Тиск кінцевий впуску повітря у циліндр                             | Мпа               | $P_a$      | 0,0918   |
| Коеф. залишків газів від попереднього циклу                        |                   | $\gamma$   | 0,0310   |
| Температура повітря у кінці процесу впуску                         | К                 | $T_a$      | 329      |
| Коефіцієнт заповнення циліндра свіжим зарядом                      |                   | $\eta_v$   | 0,82     |
| Тиск кінця процесу стискання повітря у циліндрі                    | Мпа               | $P_c$      | 4,2128   |
| Температура повітря при стисканні                                  | К                 | $T_c$      | 942      |
| Кількість повітряно-паливної суміші                                | кг/кмоль          | $M_2$      | 0,831    |
| Кількість газів при згорянні паливно-повітр. суміші                | кг/кмоль          | $M_2$      | 0,8527   |
| Теор. коефіцієнт молярно-молекулярної заміни                       |                   | $\mu_0$    | 1,039    |
| Дійсн. коефіцієнт молярно-молекулярної заміни                      |                   | $\mu$      | 1,037    |
| Внутрішня (теоретична) енергія тіла при впускові                   | кДж/кг            | $D'c$      | 15247    |
| Ентальпія  | кДж/кмоль         | $I^p$      | 63296    |
| Макс. температура при згорянні п.-пов. суміші                      | К                 | $T_z$      | 2198     |

Продовження таблиці 2.4

|   |                 |             |        |
|---|-----------------|-------------|--------|
| Макс. тиск на поршень при згорянні  | МПа             | $P_z$       | 8,7205 |
| Тиск (середній) у кінці такта розширення  | МПа             | $P_b$       | 0,3987 |
| Температура при розширенні процесу  | К               | $T_b$       | 1236   |
| Степінь завчасного (попереднього) розширення                                    |                 | $\rho$      | 1,169  |
| Степінь послідовного (подальшого) розширення                                    |                 | $\delta$    | 13,689 |
| Теоретично розрахований усереднений індикаторний тиск, створений робочим циклом | МПа             | $P'_i$      | 0,9872 |
| Середній (реальний) індикаторний тиск у процесі робочого циклу                  | МПа             | $P_i$       | 0,9284 |
| Індикаторний (теоретичний) ККД  |                 | $\eta_i$    | 0,489  |
| Індикаторна витрата палива на одиницю роботи                                    | г/(кВт · год)   | $g_i$       | 173,1  |
| Швидкість поршня посередині такту   | м/с             | $C_n$       | 9,167  |
| Тиск на втрати від механічного опору  | МПа             | $P_m$       | 0,2132 |
| Середній (ефективний) тиск  | МПа             | $P_e$       | 0,7254 |
| Середній тиск механічних втрат  | МПа             | $P_m$       | 0,2132 |
| Середній ефективний тиск  | МПа             | $P_e$       | 0,6973 |
| Механічний (загальний) ККД втрат  |                 | $\eta_m$    | 0,766  |
| Ефективний ККД узагальнений (повний)  |                 | $\eta_e$    | 0,375  |
| Ефективна витрата палива, віднесена до роботи                                   | г/(кВт · год)   | $g_e$       | 226,0  |
| Відношення ходу поршня до діаметра циліндра                                     |                 | $S/D$       | 1,12   |
| Радіус центру обертання шатунної шийки  | мм              | $R$         | 62,5   |
| Площа поршня у горизонтальній площині   | мм <sup>2</sup> | $F_{порш.}$ | 9090   |
| Об'єм двигуна (сума роб. об'ємів циліндрів)                                     | см <sup>3</sup> | $V_l$       | 4,76   |
| Об'єм циліндра в робочому стані   | см <sup>3</sup> | $V_h$       | 1,1879 |
| Об'єм камери над поршнем для згорання   | л               | $V_c$       | 0,08   |
| Сума робочого та камерного об'ємів циліндра                                     | л               | $V_a$       | 1,26   |
| Потужність з 1 літра об'єму двигуна   | кВт             | $N_l$       | 14,1   |
| Потужність дизельного ДВЗ по індикаторному типу                                 | кВт             | $N_i$       | 80,4   |
| Потужність по механічних втратах у КШМ та ГРМ                                   | кВт             | $N_m$       | 20,5   |
| Номинал швидкості обертання к. вала дизеля                                      | с <sup>-1</sup> | $\omega_n$  | 220,3  |

|   |                    |               |       |
|---|--------------------|---------------|-------|
| Номінал по крутильному моменту              | Н·м                | <i>Мкрп</i>   | 274   |
| Макс. крутий момент в режимі перевантаження | Н·м                | <i>Мкрmax</i> | 299   |
| Витрата палива за годинну чистої роботи ДВЗ | кг/год             | <i>GT</i>     | 12,66 |
| Подача палива плунжером за один цикл роботи | мм <sup>3</sup> /ц | <i>qц</i>     | 59,2  |

## 2.5 Динамічний розрахунок дизеля

Розрахунок динаміки двигуна дозволяє визначити сили, які впливають на кривошипно-шатунний механізм, такі як сили від надлишкового тиску газів на поршень двигуна, а також сили інерції мас, що рухаються зворотно-поступально та обертально.

Під час створення цієї діаграми використовуються результати розрахунків робочого процесу двигуна. (Див. додаток та слайди)

### 2.5.1 Побудова регуляторної характеристики двигуна

Ліву частину регуляторної характеристики (при значеннях  $n \leq n_n$ ) ми використовуємо з зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, який не оснащений регулятором обертання колінчастого вала.

До основи характеристики покладається залежність Лейдєрмана [9] між поточним значенням потужності ДВЗ та швидкістю обертання колінчастого вала, котра має вигляд:

$$N = N_m \cdot (b_0 \cdot \Omega + b_1 \cdot \Omega^2 - \Omega^3), \text{ кВт};$$

де  $N_m$  – максимально-можлива потужність двигуна при кутовій швидкості обертання колінчастого вала  $n = n_{Nm}$  кВт;

$b_0, b_1$  – сталі теоретичні коефіцієнти залежності від типорозміру двигуна:  
 $b_0 = 0,86; b_1 = 1,12.$

$\Omega$  – безрозмірна (відносна) швидкість обертання КВ двигуна:

Розрахунок лівої частини зовнішньої швидкісної характеристики двигуна наведено в таблиці 2.5

Таблиця 2.5

Розрахунок коректорної гілки ЗПХ двигуна

| Вихідні дані   |             | Результати розрахунку |           |                   |                        |       |
|----------------|-------------|-----------------------|-----------|-------------------|------------------------|-------|
| $\Omega$       | $n$ , об/хв | $M$ ,<br>кН·м         | $N$ , кВт | $G_T$ ,<br>кг/год | $g_e$ ,<br>г/(кВт·год) |       |
| $\Omega_{H7}$  | 0,9         | 2200                  | 0,26      | 59,5              | 13,3                   | 221,0 |
|                | 0,8         | 1968                  | 0,227     | 56,4              | 12,9                   | 231,3 |
|                | 0,7         | 1741                  | 0,291     | 52,4              | 11,7                   | 224,4 |
|                | 0,6         | 1456                  | 0,295     | 45,9              | 10,44                  | 241,3 |
| $\Omega_{Hm7}$ | 0,535       | 1312                  | 0,291     | 40,2              | 9,65                   | 252,6 |
|                | 0,5         | 1287                  | 0,32      | 37,65             | 9,23                   | 253,9 |
|                | 0,4         | 1054                  | 0,21      | 29,81             | 7,81                   | 291,2 |

Розрахунок регуляторної вітки ЗПХ двигуна виконуємо при активному використанні ПК. Отримані дані наведено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Результати розрахунку регуляторної частини ЗПХ двигуна

| Вихідні дані                       |             | Результати розрахунку |              |                   |                      |  |
|------------------------------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------------|----------------------|--|
| $\Omega$                           | $n$ , об/хв | $M$ , кН·м            | $N$ ,<br>кВт | $G_T$ ,<br>кг/год | $q$ ,<br>г/(кВт·год) |  |
| $\Omega_X = 1,08 \cdot \Omega_H =$ | 0,9566      | 2375                  | 0            | 3,637             | $+\infty$            |  |
| $1,04 \cdot \Omega_H =$            | 0,9212      | 2287                  | 0,1294       | 31,0              | 276,0                |  |
| $1,02 \cdot \Omega_H =$            | 0,9035      | 2243                  | 0,1941       | 45,6              | 241,5                |  |
| $1,00 \cdot \Omega_H =$            | 0,8858      | 2199                  | 0,2588       | 59,6              | 226,0                |  |

У першому стовпчику таблиці вказуються поточні значення безрозмірної кутової швидкості ( $\Omega'$ ) колінчастого вала двигуна, що виникають при зміні навантаження від нульового рівня.

Поточні значення вираховуються за наступними формулами:

кутова швидкість обертального руху колінчастого вала:

# НУБІП України

крутильний момент на КВ двигуна:

$$M = \frac{M_E}{\omega_x - \omega_H} \cdot (\omega_x - \omega),$$

де  $\omega_x$  – швидкість обертальна колінчастого вала двигуна на макс. обертах

(при  $N_e = 0$ ) приймемо  $2375, \text{ хв}^{-1}$ .

Питома ефективна витрата палива двигуном, що проєктується (теоретична),  $g_e (\text{кг/тгод})$ :

$$g_e = \frac{1000 \cdot G_{200}}{N}$$

Отже враховані значення ЗМІХ перенесені на графік, який показано на рис. 2.2 та слайді презентації

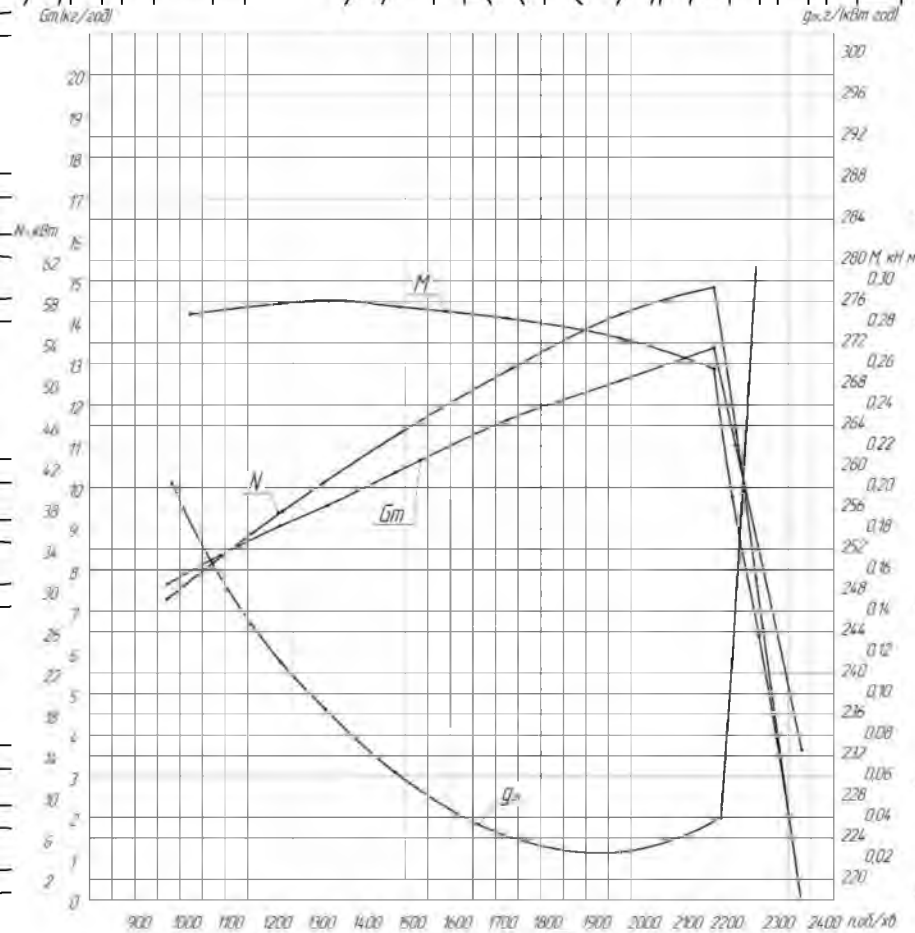


Рис 2.2 Регуляторна розрахункова характеристика дизельного ДВЗ

## 2.6 Визначення теоретичне основних параметрів елементів трансмісії

При застосуванні відомих [6, 7, 8] методико-технологічних розрахунків елементів трансмісії (додаток Б) враховано наступні значення:

Кутова швидкість усіх ведучих коліс для заданої теоретичної робочої швидкості руху трактора на першій увімкненій робочій передачі основного тягового діапазону:

$$\omega_{КОЛ} = \frac{v_1}{r_2 \cdot \eta_{\delta H}} = \frac{2,3}{0,841 \cdot 0,81} = 3,38 \text{ рад/с};$$

де  $\eta_{\delta H}$  – потокове значення ККД, що враховує реальні втрати на пробуксовування.

Передавальне число кінематичної силової передачі на першій (основній) передачі:

$$i_1 = \omega_H / \omega_{kol} = 230 / 3.38 = 67.1$$

Сила опору перекочуванню усіх без винятку коліс трактора:

$$P_f = f \cdot G = 3,99 \text{ кН.}$$

Діапазон періодичної зміни дотичної сили тяги на гаку трактора на кожній з передач з мінімальним тяговим зусиллям, кН:

$$P_{\text{min}} = 4,88 + 3,99 = 9,00 \text{ кН.}$$

Розрахункові показники, визначення яких наведено вище, заносимо у табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Показники роботи двигуна під час руху трактора на холостому ході

| Вихідні дані розрахунку |                    | Розрахункові показники        |                         |              |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Номер передачі          | Передавальне число | $\omega_{\text{дв.}}$ , рад/с | $M_{\text{дв.}}$ , кН·м | $G$ , кг/год |
| 1                       | 67,1               | 245,0                         | 0,0553                  | 5,74         |
| 2                       | 56,8               | 244,0                         | 0,0649                  | 6,10         |
| 3                       | 47,9               | 243,0                         | 0,0761                  | 6,53         |
| 4                       | 42,2               | 242,0                         | 0,0894                  | 7,03         |

## 2.8 Визначення та графічна побудова тягової характеристики трактора

Результати розрахунку за відповідними розрахунковими методиками кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів НУБІП України тягової

характеристики трактора винесено у табл. 2.8. Таблиця вміщує в себе окремі бази даних для кожної з передач. Розрахунки виконані за допомогою програмного забезпечення кафедри (додаток В).

Таблиця 2.8

Дані для розрахунків та власне результати тягової характеристики трактора

| Вихідні дані      |          |                     |               |                 | Результати розрахунку |                |                 |              |                   |                            |
|-------------------|----------|---------------------|---------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------------|
| Номер<br>передачі | $i_{TP}$ | $\omega$ ,<br>рад/с | $M$ ,<br>кН·м | $G$ ,<br>кг/год | $P_{ГК}$ ,<br>кН      | $\varphi_{ГК}$ | $\delta$ ,<br>% | $V$ ,<br>м/с | $N_{ГК}$ ,<br>кВт | $q_{ГК}$ , г/<br>(кВт·год) |
| 1                 | 2        | 3                   | 4             | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9            | 10                | 11                         |
| 1<br>пер.         | 67,8     | 246,                | 0,0540        | 5,7             | 0,00                  | 0,00           | 0,0             | 3,04         | 0,0               | $+\infty$                  |
|                   |          | 241,                | 0,1281        | 8,6             | 5,56                  | 0,13           | 2,1             | 2,91         | 15,9              | 588,52                     |
|                   |          | 236,                | 0,1928        | 11,0            | 10,42                 | 0,25           | 6,6             | 2,73         | 28,0              | 432,01                     |
|                   |          | 232,                | 0,2575        | 13,5            | 15,27                 | 0,36           | 13,6            | 2,47         | 37,3              | 396,83                     |
|                   |          | 210                 | 0,2710        | 12,6            | 16,28                 | 0,39           | 15,4            | 2,19         | 35,1              | 394,83                     |
|                   |          | 184                 | 0,2820        | 11,6            | 17,11                 | 0,41           | 16,9            | 1,88         | 31,8              | 400,04                     |
| 2<br>пер.         | 57,8     | 246,                | 0,0636        | 6,1             | 0,00                  | 0,00           | 0,0             | 3,56         | 0,0               | $+\infty$                  |
|                   |          | 241,                | 0,1281        | 8,6             | 4,12                  | 0,10           | 1,2             | 3,45         | 14,1              | 670,33                     |
|                   |          | 236,                | 0,1928        | 11,0            | 8,26                  | 0,20           | 4,3             | 3,28         | 26,7              | 453,1                      |
|                   |          | 232,                | 0,2575        | 13,5            | 12,39                 | 0,30           | 9,1             | 3,06         | 37,3              | 396,49                     |
|                   |          | 210                 | 0,2710        | 12,6            | 13,26                 | 0,32           | 10,4            | 2,72         | 35,5              | 390,61                     |
|                   |          | 184                 | 0,2820        | 11,6            | 13,96                 | 0,33           | 11,4            | 2,35         | 32,4              | 392,5                      |
| 3<br>пер.         | 49,2     | 245,                | 0,0748        | 6,5             | 0,00                  | 0,00           | 0,0             | 4,17         | 0,0               | $+\infty$                  |
|                   |          | 241,                | 0,1281        | 8,6             | 2,90                  | 0,07           | 0,7             | 4,08         | 11,7              | 807,75                     |
|                   |          | 236,                | 0,1928        | 11,0            | 6,42                  | 0,15           | 2,7             | 3,92         | 24,8              | 488,51                     |
|                   |          | 232,                | 0,2575        | 13,5            | 9,95                  | 0,24           | 6,0             | 3,71         | 36,3              | 407,37                     |
|                   |          | 210                 | 0,2710        | 12,6            | 10,68                 | 0,26           | 6,9             | 3,32         | 34,9              | 397,82                     |
|                   |          | 184                 | 0,2820        | 11,6            | 11,28                 | 0,27           | 7,6             | 2,88         | 32,0              | 397,16                     |



| 1      | 2    | 3    | 4      | 5    | 6    | 7    | 8   | 9    | 10   | 11     |
|--------|------|------|--------|------|------|------|-----|------|------|--------|
| 4 пер. | 41,9 | 244, | 0,0880 | 7,0  | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 4,88 | 0,0  | +∞     |
|        |      | 241, | 0,1281 | 8,6  | 1,86 | 0,04 | 0,3 | 4,80 | 8,8  | 1070,8 |
|        |      | 236, | 0,1928 | 11,0 | 4,86 | 0,12 | 1,6 | 4,65 | 22,3 | 544,46 |
|        |      | 232, | 0,2575 | 13,5 | 7,86 | 0,19 | 3,9 | 4,46 | 34,5 | 429,57 |
|        |      | 210  | 0,2710 | 12,6 | 8,49 | 0,20 | 4,5 | 4,00 | 33,4 | 416,14 |
|        |      | 184  | 0,2820 | 11,6 | 9,00 | 0,21 | 5,0 | 3,48 | 30,8 | 412,7  |

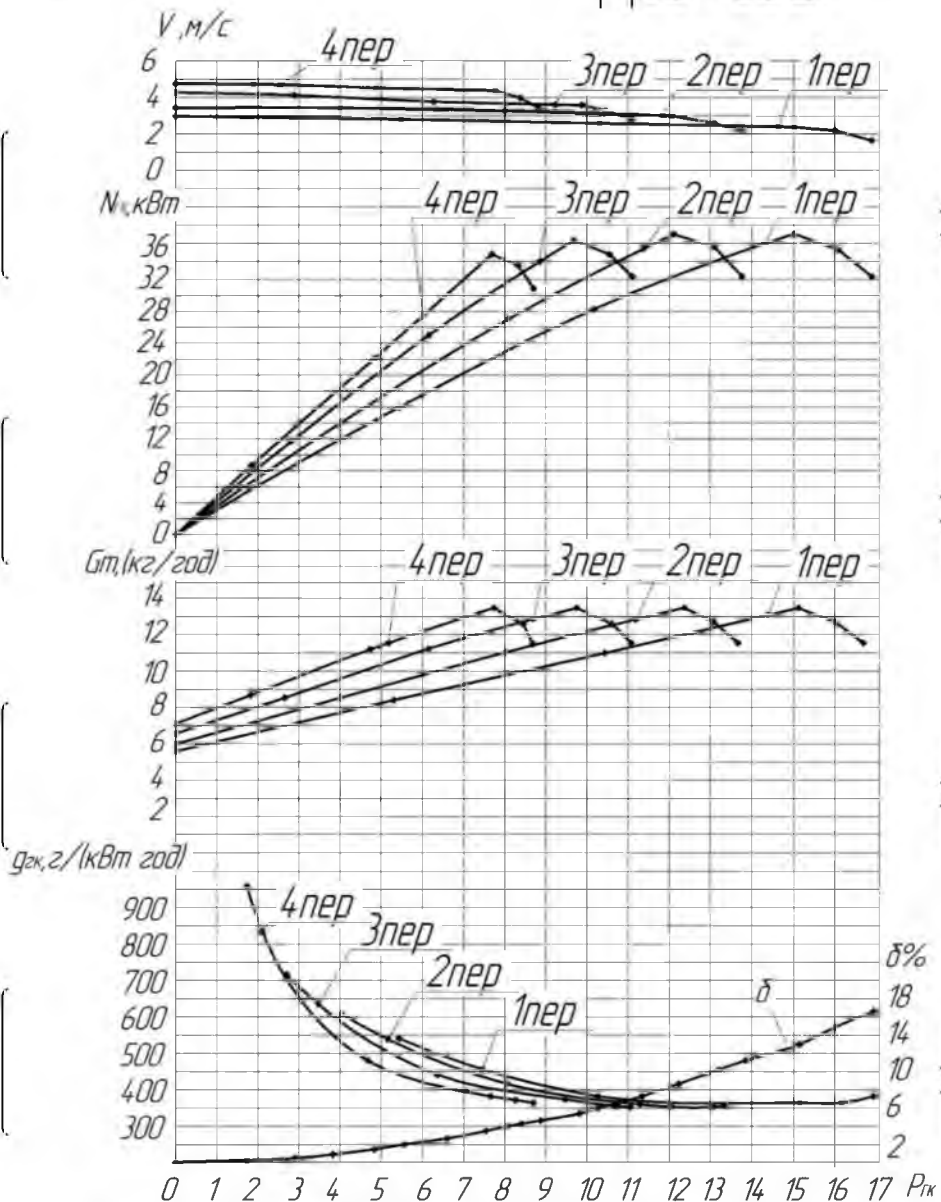


Рис. 2.3 Тягова характеристика трактора, що проектується

## 2.4 Застосування на дизельному двигуні системи паливоподачі з тиском акумуляторного типу.

Отримання навіть невеликої економії палива в сучасний час може мати значний вплив на галузь, особливо на державному рівні. Ефективність роботи поршневих двигунів у значній мірі залежить від режимів їхньої роботи.

Номинальні або подібні до них режими зазвичай досягають економічних максимумів, і подальше підвищення ефективності зазвичай потребує суттєвих змін у робочому процесі або повністю нової його організації. Проте, при

часткових навантаженнях та холостому ході (невеликому або нульовому навантаженні) теплове використання двигунів помітно погіршується. На жаль, саме ці режими складають основу експлуатації більшості транспортних двигунів.

Тому, холостий хід і часткові навантаження стають об'єктом інтересу для наукових та практичних досліджень, оскільки вони можуть мати значний потенціал для поліпшення ефективності перетворення тепла на механічну роботу.

У сучасний час варіативність шляхів покращення паливної економічності зменшилась через природний відбір у виборі найбільш ефективних та практичних способів отримання максимального економічного й екологічного виграшу.

## 2.5 Вимоги до сучасної системи живлення дизельного ДВЗ

Система живлення дизельних двигунів повинна відповідати певним вимогам для оптимальної роботи:

- створювати високий тиск для впорскування палива в циліндр;
- дозувати порції палива відповідно до потреб та навантаження двигуна;
- точно впорскувати паливо в камеру згоряння у відповідний момент;
- ефективно розцилювати та рівномірно розподіляти паливо по об'єму камери згоряння;
- забезпечувати однаковість початку впорскування та порцій палива;

що подаються насосом, у всіх циліндрах;

надійно фільтрувати паливо перед його подачею у насоси та форсунки, щоб уникнути пошкодження системи;

Саме тому у дизельних двигунах час для сумішоутворення обмежений, тому кожна краплинка палива має бути розпилена на найдрібніші частинки і рівномірно розподілена по всьому об'єму повітря в камері згорання. Тільки так можна забезпечити ефективне згорання палива й оптимальну роботу двигуна.

Саме так, паливо для дизельних двигунів має відповідати цілому ряду вимог. Його характеристики, такі як в'язкість, низькотемпературні властивості, вміст води, агрегатний стан та хімічний склад, дуже важливі для ефективної роботи двигуна та тривалості його експлуатації. Наприклад, петанове число визначає здатність палива до самозаймання, а вміст сірки може впливати на нагароутворення та корозію деталей двигуна. Тому відповідність палива цим вимогам — ключовий момент для оптимальної роботи дизельного двигуна.

## **2.6 Будова акумуляторних систем Common Rail для подачі дизельного палива в циліндр.**

Система Common Rail є ефективною і складається з паливної магістралі високого тиску, що дозволяє точно дозувати та впорскувати паливо під високим тиском. Це дозволяє досягати кращої ефективності та забезпечувати точність під час впорскування. Використання електронного блоку управління дозволяє системі реагувати на різноманітні параметри двигуна, такі як навантаження, температура та положення педалі газу, для оптимального керування подачею палива. Такий підхід сприяє покращенню продуктивності та зменшенню викидів, оптимізуючи роботу двигуна.

Точна циклова подача та оптимальне випередження впорскування палива є ключовими факторами для досягнення ефективності та зниження витрат палива. Це дозволяє забезпечити більш повне згорання палива, покращити продуктивність двигуна та знизити рівень токсичних викидів. Точне регулювання цих параметрів дозволяє оптимізувати процес згорання, що в свою

чергу сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у вихлопних газах та покращує ефективність використання палива.

Система Common Rail дійсно відкриває нові можливості для дизельних двигунів. Вона забезпечує кращий контроль над процесом впорскування палива, що дозволяє підвищити показники продуктивності та знизити рівень шуму. Ця технологія допомагає збільшити вибірковість роботи двигуна, наближаючи його характеристики до бензинових двигунів. Завдяки цьому підвищується зручність управління, а також рівень комфорту для користувачів.

Так, різні типи форсунок у системі Common Rail дійсно мають свої переваги. П'єзоелектричні форсунки відзначаються вищою швидкістю реагування та більш точним керуванням процесом впорскування палива. Це дозволяє покращити ефективність роботи двигуна, зменшити витрату палива і сприяти зниженню викидів, що впливає на токсичність вихлопу. Такі форсунки дозволяють досягти більш високих технічних показників двигуна порівняно з електромагнітними форсунками.

Компонувальна схема описаної вище системи наведена на рис. 3.1 та 3.2.

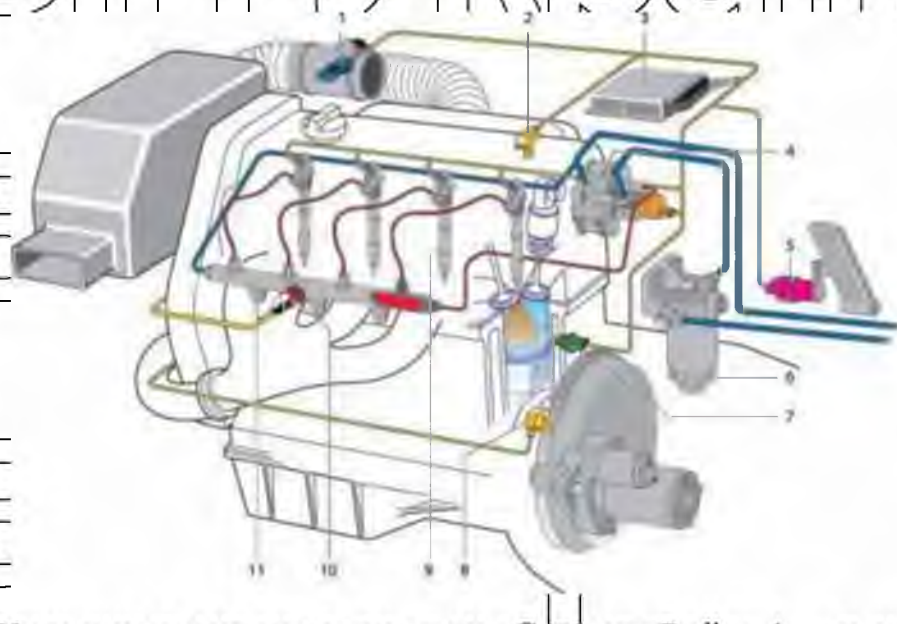


Рис 3.1 Компонувальна схема системи «Common Rail»: 1 – датчик витрати повітря; 2 – датчик положення кулачкового валу; 3 – електронний блок керування; 4 – ПНВП з клапаном тиску; 5 – датчик положення акселератора; 6 – паливні фільтри; 7 – датчик температури системи охолодження; 8 – датчик

швидкості обертання КВ; 9 – форсунки; 10 – датчик виміру тиску палива; 11 – акумулятор палива надвисокого тиску.

## 2.7 Принцип роботи системи Common Rail

Система керування умовно розділена на три складові: датчики, електронний блок управління ЕБУ і механізми виконання певних дій.

Так, система Common Rail дійсно має таку структуру. Паливний насос створює високий тиск у паливній системі, який підтримується в паливному

колекторі. Електронний блок управління обробляє дані від датчиків і контролює,

коли і як тривало подавати паливо на форсунки. Це дозволяє точно керувати впорскуванням палива, забезпечуючи оптимальний рівень тиску і кількості палива, що підводиться до кожного циліндра двигуна.

Так, ваш опис відображає сутність роботи системи Common Rail. Паливо

підвищеного тиску забезпечується завдяки паливному насосу, який створює

високий тиск у паливній системі. Електронний блок управління регулює тиск у паливному колекторі, контролюючи час і тривалість відкриття перепускного клапана, який впливає на кількість палива, що потрапляє в колектор і відтуди до

форсунок. Це дозволяє точно керувати тиском і кількістю палива, що

впорскується в кожен циліндр, забезпечуючи кращий контроль над процесом згоряння.

Так, паливний колектор грає ключову роль у системі Common Rail, де він

приймає паливо під високим тиском від паливного насоса. Датчик тиску в

паливному колекторі моніторить цей тиск, дозволяючи системі електронного

управління враховувати тиск у паливній системі для оптимального впорскування

палива в кожен циліндр. Регулювання тиску палива у колекторі забезпечується

електронним блоком управління на основі даних від датчиків, які враховують

частоту обертання колінчастого валу та навантаження на двигун.

Паливо під тиском з паливної рампи через паливні трубки високого тиску поступає у форсунки.

Форсунки в системі Common Rail керують цикловою подачею палива і часом впорскування. Їхню роботу контролює включення та відключення клапана, що регулює паливоподачу. Коли подається напруга на клапан, паливо витікає через жиклер з камери, у якій розташована голка розпилювача. Голка піднімається, і розпочинається впорскування. Коли ж напруга припиняється, тиск палива в камері підвищується, голка спускається, і впорскування завершується. Таке керування паливом дозволяє точно налаштувати подачу палива відповідно до потреб двигуна у різних режимах його роботи.

Так, кут випередження впорскування і величина циклової подачі контролюються відповідно до моменту подачі напруги на обмотку клапана. Це дозволяє точно налаштувати час і кількість палива, яке впорскується в кожний циліндр двигуна для оптимальної роботи.

Щодо паливного насоса, він отримує паливо під високим тиском, аналогічно звичайним рядним паливним насосам. Такий насос забезпечений перепускним клапаном, що контролює величину подачі палива кожною секцією. Це дозволяє регулювати кількість палива, яке надсилається до форсунок для подальшого впорскування в кожен циліндр двигуна.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд рамп системи Common Rail

Система Common Rail дійсно відрізняється від інших систем управління паливом у дизельних двигунах. У цій системі паливний насос відповідає за створення високого тиску у паливній магістралі (rail), забезпечуючи однаковий

тиск палива для всіх форсунок. Однак цей насос не контролює циклову подачу палива або момент впорскування.

Функції дозування циклової подачі палива і регулювання моменту впорскування виконує електронний блок управління (ЕБУ), який приймає дані від різних датчиків і, враховуючи ці дані, керує функціонуванням форсунок. Це дозволяє точно контролювати час, кут випередження впорскування і об'єм циклової подачі палива для кожного циліндра, забезпечуючи оптимальну роботу двигуна.

Так, швидкість відкриття та закриття голки розпилювача у системі Common Rail контролюється гідравлічно. Коли плунжер управління досягає верхнього положення, утворюється подушка палива між отворами витоку і подачі палива. Коли отвір витоку закривається, гідравлічне зусилля, що виникає, перевищує тиску на конусному торці голки розпилювача, тому голка розпилювача опускається вниз і герметично перекриває подачу палива під високим тиском в камеру згорання.

Швидкість руху голки розпилювача дійсно визначається потоком через отвір подачі. Це контролюється електронним блоком управління (ЕБУ), який регулює тиск на плунжері для забезпечення потрібної швидкості відкриття та закриття голки розпилювача.

В даній роботі використовуються п'єзофорсунки, котрі дозволяють багаторазове впорскування палива за один робочий цикл, що дає змогу зменшити шкідливі викиди.

Привод паливного насоса високого тиску буде здійснюватися на місці звичайного місця встановлення ГНВТ.

Практично всі необхідні додаткові деталі, котрі необхідно виготовити, прості з точки зору виготовлення.

## РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок основних показників економічного ефекту

Ефективність вирощування сільськогосподарських культур залежить від кількох факторів, у тому числі врожайності, використання ресурсів і собівартості. Підвищення врожайності культур, оптимальне використання ресурсів (землі, добрив, насіння тощо) та раціональне використання технічних засобів можуть сприяти збільшенню обсягів продукції.

Собівартість є ключовим показником ефективності виробництва в сільському господарстві. Вона включає витрати на прямі експлуатаційні витрати і витрати на управління виробництвом. Розрахунок прямих експлуатаційних витрат на одиницю роботи вимагає аналізу вартості кожної окремої операції для конкуруючих машинних агрегатів. Такий підхід дозволяє оцінити, які машини або методи вирощування культур ефективніші з точки зору витрат на одиницю виконаної роботи.

Це означає, що ефективність технічних засобів, витрати на управління виробництвом і прямі витрати мають велике значення для визначення собівартості виробництва сільськогосподарської продукції.



Техніко-економічні показники  
використання спроектованого трактора на оранці.

| Параметр                                   | Базовий МТА<br>(МТЗ-82+ПЛН-5-35) | Спроектований<br>трактор +ПЛН-3-35 |
|--|----------------------------------|------------------------------------|
| Продуктивність, га/год                     | 2,1                              | 3,23                               |
| Витрата ДП, кг/га                          | 23,7                             | 24,8                               |
| Оплата праці, грн/га                       | 170,3                            | 154,08                             |
| Вартість ДП та маст.<br>матеріалів, грн/га | 3645,78                          | 3375,03                            |
| Амортизаційні витрати МТА,<br>грн/га       | 233,47                           | 227,82                             |
| Витрати на ТО і ремонти,<br>грн/га         | 225,17                           | 220,95                             |
| Загальні затрати, грн/га                   | 3791,02                          | 3497,68                            |
| Капіталовкладення, грн/га                  | 3298,70                          | 3056,13                            |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нова методика визначення основних параметрів сільськогосподарського трактора / В. Адамчук, В. Надикто, В. Булгаков // Техніка і технології АПК. - 2016. - № 10. - С. 18-21
2. Надикто В. Методика визначення потужності двигуна с.-г. трактора // Техніка і технології АПК, 2014, 21 № 10 (85) жовтень 2016 р. №1
3. Nastasoiu M., Padureanu V. Tractoare. - Editura Universitatii Transilvania, Brasov, 2012. - 240 p.
4. Надикто В. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт // Техніка і технології АПК, 2014, №7.
5. Bulgakov V., Nadykto V., Velichko I., Ivanovs S. Investigation of draft coefficient of wheeled tractor // Engineering of rural development (Proceedings), 2016. – Volume 15.
6. Ребров А.Ю., Самородов В.Б. Энергонасыщенность и технико-экономические показатели колесных сельскохозяйственных тракторов // Вісник НТУ «ХП», 2010, №33.
7. Надикто В.Т. Роль енергонасиченности тракторів в формуванні їх типажа // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2012, №3. 9. Надикто В. Проблеми баластування колісних тракторів // Техніка і технології АПК, 2013, №2.
8. Трактори та сільськогосподарська техніка: проектування та технології" Автор: Бойко В. А., Петров В.І., Сидоров О.М. Видавництво: "Аграрна наука", 2005.
9. Сучасні технології проектування та експлуатації сільськогосподарських тракторів" / Автор: Коваленко І.Г., Литвиненко О.М. /Видавництво: "Урожай", 2012.
10. Инженерия тракторів та сільськогосподарських машин" / Автор: Полянський Ю.І., Мельников В.П., Шевченко О.О. Видавництво: "Колос", 2008.

11. Проектування та моделювання сільськогосподарських машин та транспортних засобів" / Автор: Гавриленко С.А., Литвінов С.М., Чершинцов І.Г. Видавництво: "Наукова думка", 2016.

12. Сучасні методи та технології проектування сільськогосподарських машин та обладнання" / Автор: Денисенко О.В., Григорович В.М., Шульга П.П. Видавництво: "Урожай", 2003.

13. Технологія та конструювання сільськогосподарської техніки: підручник" / Автор: Козак В.Д., Литвиненко М.М., Петренко І.В. / Видавництво: "Аграр Медіа Груп", 2010.

14. Сучасні концепції проектування та конструкції тракторів" / Автор: Романенко А.С., Чумаков О.П., Галченко В.М. Видавництво: "Агросфера", 2015.

15. Сільськогосподарські машини та обладнання: основи конструкції та проектування" / Автор: Іванов А.П., Кузнецов В.М. Видавництво: "Колос", 2008.

16. Технологія та конструювання сільськогосподарських машин і обладнання: підручник" / Автор: Зварич В.А., Семенов В.В., Ковальов А.П. / Видавництво: "Агросфера", 2012.

17. Сільськогосподарські машини та обладнання: технології виробництва та застосування" / Автор: Петренко О.М., Ковальчук С.П. / Видавництво: "Урожай", 2015.

18. Сільськогосподарські машини та механізми: підручник" / Автор: Григор'єв П.Д., Макаренко Г.П. Видавництво: "Аграр Медіа Груп", 2010.

19. Знаряддя та машини для обробітку ґрунту: технологія та ефективність використання" / Автор: Сидоров М.О., Іванов В.К. Видавництво: "Аграрна наука", 2018.

НУБІП України

НУБІП України

**ДОДАТКИ**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України