

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин,
експлуатації і технічного сервісу

ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ В АПК

методичні рекомендації

до виконання практичних робіт для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія» заочної форми здобуття вищої
освіти

Миколаїв

2026

УДК 631.3:631.172

Е61

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного університету від 18 травня 2026 р., протокол № 8

Укладачі:

Грубань В. А. – канд. тех. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Олександр Боровий – начальник відділу сервісу Миколаївської філії ТОВ «Ландтех»

Юрій Уклеїн – менеджер з продажу техніки Massey Ferguson

©Миколаївський національний аграрний університет, 2026

Вступ

Методичні рекомендації призначені для здобувачів вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти МНАУ при виконанні практичних робіт із дисципліни «Енергетичні засоби в АПК». Видання охоплює практичні роботи що відповідають змістовим модулям 9–12 навчальної програми: трансмісія і ходова частина, рульове керування та гальмівні системи, робоче і допоміжне обладнання, електричне обладнання мобільних енергетичних засобів (МЕЗ).

Мета практичних занять – формування у здобувачів вищої освіти практичних навичок діагностування технічного стану вузлів і агрегатів МЕЗ, виконання регулювальних операцій та усвідомленого застосування теоретичних знань у майбутній виробничій діяльності агроінженера. Кожна практична робота містить короткі теоретичні відомості, перелік обладнання та матеріалів, зміст звіту і контрольні питання для самоперевірки.

Здобувачі вищої освіти опрацьовують матеріал кожної роботи як під час занять, так і в ході самостійної підготовки, що включає вивчення теоретичного матеріалу, ознайомлення з новітніми тенденціями у розвитку конструкцій машин тощо.

Після завершення кожної теми та виконання лабораторних робіт студенти звітують у письмовій формі та проходять усний захист, отримуючи оцінки за системою ECTS.

Підсумкова рейтингова оцінка за модуль визначається на основі результатів усіх захищених практичних робіт.

Пам'ятка по техніці безпеки

1. Загальні вимоги по техніці безпеки

- Попередження розміщені на машині містять вказівки, що стосуються передбачених заходів обережності, які сприяють запобіганню нещасних випадків.
- Перед тим як почати роботу здобувачам вищої освіти необхідно ознайомитись з елементами управління та експлуатації машини, а також їх функціями.
- Здобувачі вищої освіти повинні уникати носити вільний одяг, який може затягнути рухливі частини машини.
- Забороняється перевозити людей або тварин на машині, незалежно від того, працює машина чи ні.
- Машина повинна приєднуватися до енергетичного засобу тільки в спеціально передбачених точках і у відповідності з діючими правилами техніки безпеки.
- Під час з'єднання і від'єднання машини від енергетичного засобу слід дотримуватись особливої обережності.
- Перед приєднанням машини до енергетичного засобу здобувач вищої освіти повинен переконатися, що передня вісь трактора достатньо навантажена. Баласт повинен бути встановлений на спеціальних кронштейнах у відповідності з інструкціями виробника енергетичного засобу.
- Не перевищувати максимальне навантаження на вісь або загальну допустиму вагу транспортного засобу.
- Перед початком експлуатації машини переконайтеся, що всі захисні пристрої правильно встановлені і знаходяться в хорошому стані. Пошкоджені запобіжні пристрої слід негайно замінити.
- Перед експлуатацією машини переконайтеся, що усі болти і гайки, особливо, призначені для монтажу інструментів (кріпильні болти робочого органу і тяги, колеса, щити і т.д.) загвинчені. При необхідності затягніть.
- Заборонено перебувати в робочій зоні машини.

- Необхідно звернути увагу на всі зони з небезпекою роздроблення і відрізання у випадку компонентів з дистанційним управлінням, зокрема – з гідравлічним керуванням.
- Перед тим як покинути кабінку мобільного енергетичного засобу або перед початком роботи на машині, вимкніть двигун, витягніть ключ із замку запалювання і зачекайте поки не зупиняться всі рухливі частини.
- Не можна перебувати між машиною і трактором, якщо стоянкове гальмо енергетичного засобу не затягнуте та/або під колеса не підставлені клини блокування коліс.
- Перед початком будь-яких робіт на машині переконайтеся, що авто не може випадково запуснитися.
- Не можна використовувати підйомне кільце для підйому машини з вантажем.
- **Важливо** – необхідно відключати живлення машини наприкінці кожного дня і підключати його перед експлуатацією. Перед підключенням слід переконаватися, що живлення підключено правильно і всі кабелі системи моніторингу приєднані. Недотримання цього правила приведе, по крайній мірі до спрацьовування запобіжників, а також може призвести до пошкодження моніторів і модулів управління сівалки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Класифікація і конструктивні особливості трансмісії тракторів та автомобілів

Години: 4 години

Мета: вивчити класифікацію, загальну будову та конструктивні особливості трансмісій тракторів і автомобілів; навчитися визначати тип трансмісії за конструктивними ознаками та проводити порівняльний аналіз основних схем передачі крутного моменту від двигуна до ведучих коліс.

Загальні положення

Трансмісія мобільного енергетичного засобу (МЕЗ) – це сукупність механізмів та агрегатів, призначених для передачі крутного моменту від двигуна до ведучих коліс або гусениць, а також для зміни його за величиною та напрямком. Трансмісія дозволяє змінювати тягове зусилля і швидкість руху МЕЗ відповідно до умов роботи, короткочасно роз'єднувати двигун від ведучих коліс при перемиканні передач та забезпечувати реверс.

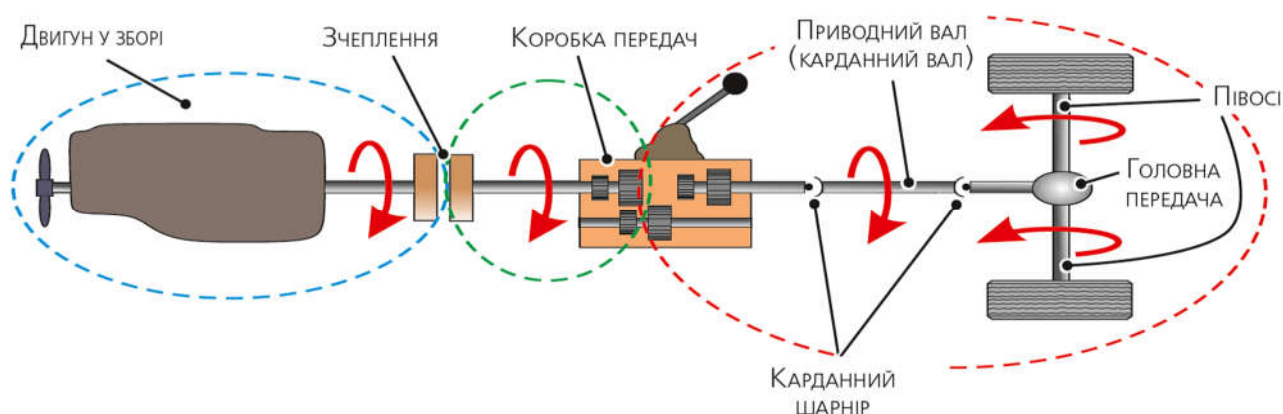


Рис. 1. Двигун і складові частини трансмісії.

За типом передачі крутного моменту трансмісії поділяються на механічні, гідромеханічні, гідростатичні та електромеханічні. Механічні ступінчасті трансмісії (МСТ) є найбільш поширеними завдяки простоті конструкції та високому ККД (0,88–0,93). Гідромеханічні трансмісії (ГМТ) використовують

гідротрансформатор, що забезпечує плавне рушання та автоматичне змінення передаточного числа. Гідростатичні трансмісії (ГСТ) забезпечують безступінчасте регулювання швидкості і широко застосовуються на сучасних тракторах провідних виробників – John Deere, CLAAS, FENDT.

Будова механічної трансмісії трактора

Механічна трансмісія трактора (наприклад, John Deere, CLAAS, FENDT) складається з наступних основних агрегатів, розміщених послідовно по силовому потоку:

- муфта зчеплення – роз'єднує двигун від трансмісії при перемиканні передач і рушанні з місця;
- коробка передач – змінює передаточне число і забезпечує реверс;
- роздавальна коробка – розподіляє крутний момент між переднім та заднім мостами (у повноприводних МЕЗ);
- головна передача – знижує частоту обертання і збільшує крутний момент;
- диференціал – дозволяє колесам одного моста обертатися з різними швидкостями при повороті;
- кінцеві (бортові) передачі – остаточне зниження частоти обертання перед ведучими колесами.

Класифікація трансмісій

За кількістю ведучих мостів МЕЗ поділяють на одноприводні (4×2) та повноприводні (4×4). Трактори John Deere, CLAAS, FENDT мають привід усіх коліс, що значно підвищує їх тягові показники на слабких ґрунтах. Схема 4×4 дозволяє підвищити коефіцієнт використання тягового зусилля до 0,85–0,90 порівняно з 0,55–0,65 для схеми 4×2.

Гідростатична трансмісія складається з регульованого аксіально-поршневого гідронасоса і нерегульованого гідромотора. Зміна продуктивності насоса (нахил блока циліндрів або блока поршнів) забезпечує безступінчасту зміну передаточного числа від нуля до максимуму в обох напрямках. ККД ГСТ нижчий (0,82–0,88),

ніж механічної, проте комфортність управління і можливість повної автоматизації є беззаперечними перевагами.

Основні технічні характеристики трансмісії наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики трансмісії

Тип трансмісії	ККД	Характерні особливості
Механічна ступінчаста (МСТ)	0,88–0,93	Проста, надійна, вимагає навичок перемикавання
Гідромеханічна (ГМТ)	0,82–0,88	Плавне рушання, автоматичне перемикавання
Гідростатична (ГСТ)	0,80–0,88	Безступінчаста, висока маневреність
Електромеханічна (ЕМТ)	0,85–0,92	Цифрове керування, рекуперація енергії

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Ознайомлення з класифікацією трансмісії

Опрацюйте теоретичний матеріал і заповніть таблицю 2, вказавши для кожного типу трансмісії приклади конкретних марок тракторів або автомобілів та галузь їх застосування.

Таблиця 2 – Приклади застосування трансмісій (заповнити самостійно)

Тип трансмісії	Марки МЕЗ (приклади)	Галузь застосування
John Deere		
CLAAS		
FENDT		
<i>(на вибір)</i>		

Завдання 2. Аналіз конструктивної схеми трансмісії

Розгляньте схему механічної трансмісії трактора (рис. 1). Визначте та запишіть у звіт:

- назву кожного агрегату силового потоку;
- функцію кожного агрегату (одним реченням);
- де саме відбувається найбільше зниження частоти обертання.

Завдання 3. Порівняльний аналіз схем приводу 4×2 та 4×4

Накресліть у звіті блок-схему силового потоку для двох варіантів:

- схема 4×2 (задньопривідний трактор);
- схема 4×4 (на вибір з вищезазначених, повний привід).

Позначте стрілками напрямки передачі крутного моменту. Підпишіть кожен елемент схеми. Зробіть висновок: яка схема забезпечує кращі тягові показники і чому.

Завдання 4. Розрахункова частина

Визначте загальне передаточне число трансмісії та тягове зусилля на ведучих колесах за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунку

Вар.	$i_{кп}$	$i_{гп}$	$i_{бп}$	$M_{д}, Н \cdot м$	$r, м$
1	4,03	4,18	4,55	320	0,66
2	3,61	4,18	4,55	350	0,66
3	5,24	4,18	4,55	290	0,66
4	4,03	3,75	4,55	320	0,70
5	3,61	3,75	4,55	350	0,70
6	5,24	3,75	4,55	290	0,70
7	4,03	4,18	5,10	320	0,66
8	3,61	4,18	5,10	350	0,66
9	5,24	4,18	5,10	290	0,66
10	4,03	3,75	5,10	320	0,70

Де: $i_{кп}$ – передаточне число коробки передач; $i_{гп}$ – головної передачі; $i_{бп}$ – бортової (кінцевої) передачі; $M_{д}$ – крутний момент двигуна; r – радіус ведучого колеса.

Формули для розрахунку:

1) Загальне передаточне число трансмісії:

$$i_{tr} = i_{kn} \times i_{zn} \times i_{bn}$$

2) Крутний момент на ведучому колесі:

$$M_k = M_d \times i_{tr} \times \eta_{tr}$$

де $\eta_{tr} = 0,90$ – ККД механічної трансмісії

3) Тягове зусилля на ведучих колесах:

$$P_k = M_k / r$$

Таблиця 4 – Результати розрахунку (заповнити)

Варіант	i_{tr}	$M_k, Н \cdot м$	$P_k, Н$

Завдання 5. Порівняльний аналіз переваг і недоліків типів трансмісій

На основі опрацьованого матеріалу заповніть таблицю 5 самостійно.

Таблиця 5 – Переваги та недоліки типів трансмісій (заповнити самостійно)

Тип	Переваги	Недоліки	Рекомендована область застосування
МСТ			
ГМТ			
ГСТ			
ЕМТ			

Контрольні питання

1. Яке призначення трансмісії МЕЗ і які функції вона виконує?
2. Назвіть типи трансмісій та їхні основні відмінності.
3. Що таке диференціал і для чого він призначений?
4. Яке призначення роздавальної коробки в трансмісії?

5. Чому ГСТ ширше застосовується на сучасних тракторах?
6. Поясніть, у чому полягає перевага схеми 4×4 перед 4×2.
7. Що таке ККД трансмісії і від яких факторів він залежить?
8. Яку роль відіграє головна передача в трансмісії?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Муфти зчеплення. Коробка передач

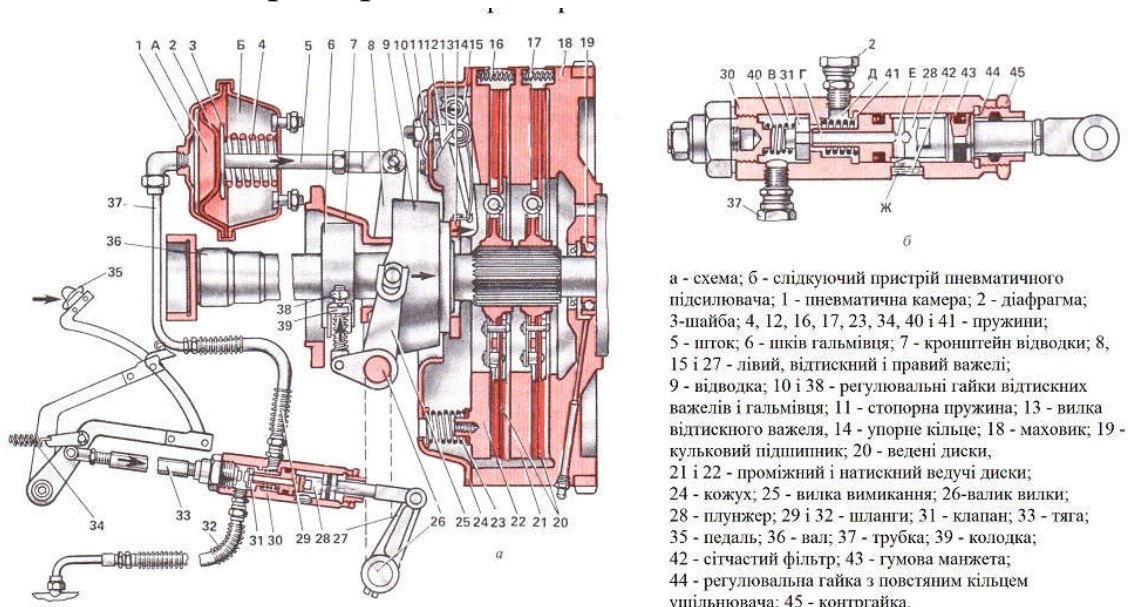
Години: 4 години

Мета: вивчити будову і принцип роботи фрикційної муфти зчеплення та механічної коробки передач; навчитися перевіряти вільний хід педалі муфти зчеплення, розраховувати передаточні числа КПП та визначати загальне передаточне число трансмісії.

Муфта зчеплення

Муфта зчеплення (МЗ) призначена для тимчасового роз'єднання двигуна від трансмісії при перемиканні передач та плавного рушання МЕЗ з місця за рахунок поступового з'єднання ведучих і ведених деталей.

На сучасних тракторах і сільськогосподарських машинах застосовують переважно однодискові сухі постійно замкнені муфти або багатодискові мокрі муфти в автоматизованих трансмісіях. Трактори John Deere серії 6R та 7R оснащені електрогідравлічним керуванням муфтою зчеплення, що повністю автоматизує перемикання передач у трансмісії PowerShift. Трактори CLAAS AXION 800/900 та New Holland T7 використовують безступінчасті трансмісії (CVT/CMT), у яких функцію роз'єднання виконує гідростатичний вузол – окремої педалі зчеплення немає. На тракторах Fendt 700/900 Vario роль муфти виконує керований гідравлічний блок варіатора.



а - схема; б - слідкуючий пристрій пневматичного підсилювача; 1 - пневматична камера; 2 - діафрагма; 3 - шайба; 4, 12, 16, 17, 23, 34, 40 і 41 - пружини; 5 - шток; 6 - шків гальмівця; 7 - кронштейн відводки; 8, 15 і 27 - лівий, відтискний і правий важелі; 9 - відводка; 10 і 38 - регулювальні гайки відтискних важелів і гальмівця; 11 - стопорна пружина; 13 - вилка відтискного важеля; 14 - упорне кільце; 18 - маховик; 19 - кульковий підшипник; 20 - ведені диски; 21 і 22 - проміжний і натискний ведучі диски; 24 - кожух; 25 - вилка вимикання; 26 - валик вилки; 28 - плунжер; 29 і 32 - шланги; 31 - клапан; 33 - тяга; 35 - педаль; 36 - вал; 37 - трубка; 39 - колодка; 42 - сітчастий фільтр; 43 - гумова манжета; 44 - регулювальна гайка з повстяним кільцем ущільнювача; 45 - контргайка.

Рис. 2. Зчеплення енергетичного засобу

Основні деталі фрикційної муфти зчеплення: маховик двигуна, натискний диск (кожух), ведений диск з фрикційними накладками, натискні пружини, важелі вимкнення (пелюстки), вижимний підшипник, важільний або гідравлічний привід. Ведений диск виготовляють зі сталі; фрикційні накладки – з безазбестових матеріалів на основі кераміки або кевлару.

Розрахунок крутного моменту муфти зчеплення

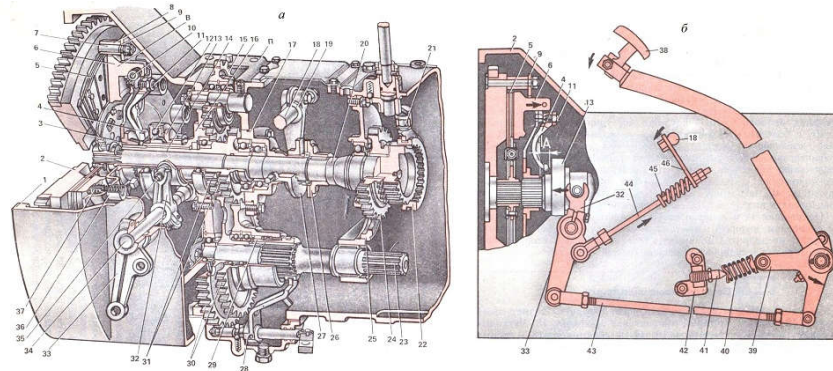
Крутний момент, що передає муфта зчеплення, визначається за формулою:

$$M_m = \mu \cdot F_{пр} \cdot R_{ср} \cdot z \cdot \beta,$$

де μ – коефіцієнт тертя (0,25–0,35 для сухих муфт), $F_{пр}$ – зусилля притискання пружин (Н), $R_{ср}$ – середній радіус диска (м), z – кількість пар поверхонь тертя, β – коефіцієнт запасу (1,5–2,5).

Регулювання муфти зчеплення

Нормальна робота муфти зчеплення забезпечується правильним регулюванням вільного ходу педалі. Вільний хід педалі – це величина переміщення педалі до початку відходу вижимного підшипника від важелів вимкнення. Для більшості тракторів він становить 30–50 мм. При зменшенні вільного ходу вижимний підшипник постійно контактує з важелями, що призводить до його перегрівання і передчасного виходу з ладу, а також до неповного включення муфти і пробуксовування. При збільшенні вільного ходу понад норму муфта не повністю вимикається, що ускладнює перемикання передач і спричиняє підвищений знос зубів КПП.



1 - корпус; 2 - маховик; 3 - маточина опорного диска; 4 - відтискний важіль; 5, 6 і 9 - ведений, натискний і опорний диски; 7 і 41 - болти; 8 - дистанційна втулка; 10 палець; 11 - регулювальний гвинт; 12 - відтискний підшипник; 13 - відводка; 14 - трубчастий вал; 15 - проміжна шестерня приводу насоса гідросистеми; 16 - кронштейн відводки; 17 - кронштейн рухомого диска; 18 і 34 - валки вилок; 19 - вилка гальмівна; 20 - вал зчеплення; 21 - вилка; 22 зубаста муфта; 23 - ведений вал приводу ВВП; 24 - провідна шестерня; 25 - корпус підшипника; 26 і 27 - нерухомий і рухомий диски гальмівні; 28 - вилка перемикача ВВП; 29 - з'єднувальна муфта; 30 і 31 - ведені і ведучі шестерні приводу ВВП; 32 вилка; 33 і 39 навілі; 35 - масляника; 36 - стакан; 37, 40 і 45 - пружини; 38 - педалі; 42 - кронштейн; 43 і 44 - тяги; 46 важіль.

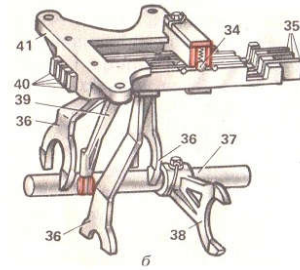
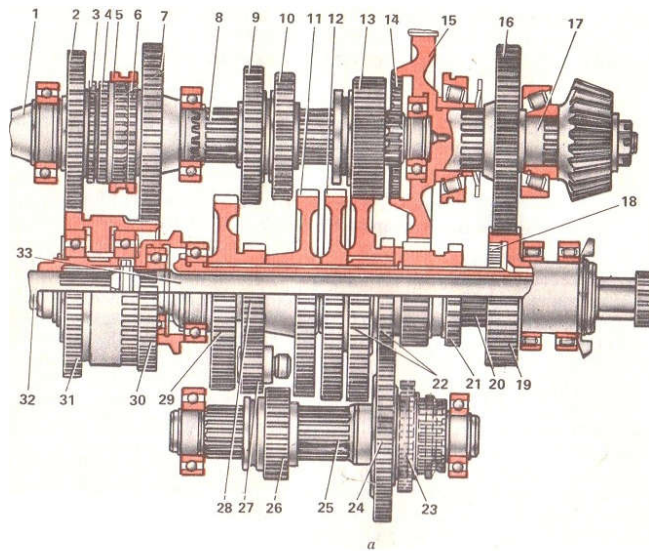
Рис. 3. Зчеплення трактора (а) і привід зчеплення (б)

Коробка передач

Коробка передач (КПП) призначена для зміни передаточного числа трансмісії, що дозволяє регулювати тягове зусилля і швидкість руху МЕЗ відповідно до умов роботи.

Сучасні трактори провідних виробників оснащуються різними типами КПП:

- John Deere 6R/7R/8R – трансмісія CommandQuad (16+16 передач з електрогідравлічним керуванням) або AutoPowr (безступінчаста IVT);
- CLAAS AXION 800/900 – безступінчаста трансмісія CMT з діапазоном швидкостей 0–60 км/год;
- New Holland T7/T8 – трансмісія Auto Command (CVT) або PowerShift (18+6 передач);
- Fendt 700/900 Vario – безступінчаста трансмісія Vario із діапазоном 0–50 км/год без розривів потоку потужності.



а - схема, б - механізм перемикання; 1 - вал зчеплення; 2 - ведуча шестерня понижуючого редуктора; 3, 4 і 6 - додаткові зубчасті вінці для включення понижуючого редуктора; 3 - рухлива зубчаста муфта; 7 - ведена шестерня понижуючого редуктора; 8, 17 і 20 - первинний, вторинний і проміжний валі; 9, 10 та 13 - каретки V і VIII, IV і VII і III, VI і IX передач; 11 і 12 - ведені шестерні I, II, IV, VII і III і VI передач; 14 і 18 - внутрішні зубчасті вінці для включення IX (прямої) передачі і другого ступеня редуктора; 15 і 16 - ведені шестерні першого і другого ступеня редуктора; 19 - ведуча шестерня другого ступеня редуктора; 21 і 23 - каретки включення редуктора і холостозмешувача; 22 і 27 - проміжні шестерні; 24 - ведена шестерня приводу вала I і II передач; 25 - вал I і II передач; 26 - каретка включення I і II передач і заднього ходу; 28 і 29 - ведені шестерні заднього ходу, V і VIII передач; 30 і 31 - проміжні шестерні понижуючого редуктора; 32 - вал приводу ВВП; 33 - внутрішній вал; 34 - фіксатор; 35 - пластина; 36 і 38 - вилки; 37 - валік; 39 - поводок; 40 - повзуні; 41 - корпус механізму перемикання.

Рис. 4. Коробка передач трактора

Передаточне число КПП:

$$i = n_{вх} / n_{вих},$$

де $n_{вх}$ і $n_{вих}$ – частоти обертання вхідного і вихідного валів відповідно.

Загальне передаточне число трансмісії:

$$i_{тр} = i_{кпп} \cdot i_{гп} \cdot i_{бп},$$

де $i_{гп}$ – передаточне число головної передачі, $i_{бп}$ – передаточне число бортової (кінцевої) передачі.

Таблиця 1. Передаточні числа КПП трактора John Deere 6R-150 (CommandQuad)

Передача	Передаточне число КПП	Швидкість руху, км/год (приблизно)
1	9,20	1,8
3	4,85	3,9
5	2,56	7,4
7	1,48	12,8
9	0,86	22,1

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Вивчення будови та принципу роботи муфти зчеплення

Опрацюйте теоретичний матеріал і заповніть таблицю 2, вказавши призначення кожної деталі муфти зчеплення.

**Таблиця 2. Деталі муфти зчеплення та їх призначення
(заповнити самостійно)**

№	Деталь	Призначення
1	Маховик двигуна	
2	Натискний диск (кожух)	
3	Ведений диск з фрикційними накладками	
4	Натискні пружини	
5	Вижимний підшипник	
6	Важелі вимкнення (пелюстки)	

Завдання 2. Перевірка та регулювання вільного ходу педалі

Ознайомтеся з порядком регулювання вільного ходу педалі муфти зчеплення та дайте відповіді на питання у звіті:

- Яке нормативне значення вільного ходу педалі (мм)?
- Яким інструментом перевіряють вільний хід?
- Що відбудеться, якщо вільний хід менший за норму? Більший за норму?
- Опишіть послідовність регулювання вільного ходу педалі (не менше 4 кроків).

Завдання 3. Порівняльний аналіз типів КПП сучасних тракторів

На основі теоретичного матеріалу заповніть таблицю 3.

Таблиця 3. Типи КПП сучасних тракторів (заповнити самостійно)

Марка трактора	Тип КПП	Кількість передач (вп/зх)	Особливість керування
John Deere 6R-150			
CLAAS AXION 850			
New Holland T7.315			
Fendt 930 Vario			

Завдання 4. Розрахункова частина

Виконайте розрахунок за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Частина А. Розрахунок крутного моменту муфти зчеплення.

Таблиця 4. Вихідні дані для розрахунку муфти зчеплення

Вар.	μ	$F_{пр}, Н$	$R_{ср}, м$	z	β	$M_m, Н\cdot м$ (заповнити)
1	0,28	6500	0,135	2	2,0	
2	0,30	7000	0,140	2	2,0	
3	0,32	6800	0,130	2	1,8	
4	0,28	7500	0,145	2	2,2	
5	0,30	6200	0,135	2	1,8	

Вар.	μ	F_пр, Н	R_ср, м	z	β	M_м, Н·м (заповнити)
6	0,32	7200	0,140	2	2,0	
7	0,28	6500	0,130	2	2,2	
8	0,30	7000	0,145	2	2,0	
9	0,32	6800	0,135	2	1,8	
10	0,28	7500	0,140	2	2,2	

Частина Б. Розрахунок передаточних чисел та тягового зусилля.

Таблиця 5. Вихідні дані для розрахунку КПП

Вар.	i_кпп	i_гп	i_бп	M_д, Н·м	r, м
1	9,20	4,37	4,55	480	0,70
2	4,85	4,37	4,55	520	0,70
3	2,56	4,37	4,55	560	0,70
4	9,20	3,98	4,55	480	0,75
5	4,85	3,98	4,55	520	0,75
6	2,56	3,98	4,55	560	0,75
7	9,20	4,37	5,10	480	0,70
8	4,85	4,37	5,10	520	0,70
9	2,56	4,37	5,10	560	0,70
10	9,20	3,98	5,10	480	0,75

Формули для розрахунку:

$$1) i_{mp} = i_{кпп} \times i_{гп} \times i_{бп}$$

$$2) M_{к} = M_{д} \times i_{mp} \times \eta_{mp} \quad (\eta_{mp} = 0,90)$$

$$3) P_{к} = M_{к/r}$$

Таблиця 6. Результати розрахунку (заповнити)

Варіант	i_тр	M_к, Н·м	P_к, Н

Контрольні питання

1. Яке призначення муфти зчеплення і як вона працює?
2. З яких основних деталей складається однодискова муфта зчеплення?
3. Який вільний хід педалі муфти зчеплення вважається нормальним для трактора?
4. До чого призводить зменшений і збільшений вільний хід педалі?
5. Яке призначення КПП і як визначається її передаточне число?
6. Як розраховується загальне передаточне число трансмісії?
7. Чому у тракторній КПП більше передач, ніж в автомобільній?
8. Що таке понижувальний редуктор і для чого він використовується?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Ходова частина тракторів та автомобілів

Години: 4 години

Мета: вивчити будову ходової частини колісного та гусеничного тракторів і вантажного автомобіля; навчитися перевіряти тиск у шинах, стан підвіски, розвал-сходження коліс та натяг гусениці.

Ходова частина колісного трактора

Ходова частина колісного трактора складається з рами, переднього мосту, підвіски, коліс і шин. Рама є несучим елементом, на якому монтуються всі агрегати трактора. Вона може бути лонжеронною або напіврамною з шарнірним зчленуванням (артикульована рама). Артикульована рама широко застосовується на сучасних тракторах: John Deere серії 9R (9620R, 9520R) та CLAAS XERION 5000 мають шарнірно-зчленовану раму, що забезпечує мінімальний радіус повороту і знижене ущільнення ґрунту.

Передній міст з'єднується з рамою через шарнірний зв'язок або активну підвіску. Трактори New Holland T8 та John Deere 8R оснащені активною передньою підвіскою з гідропневматичними амортизаторами, яка автоматично підлаштовується під рельєф і забезпечує кращу стабільність агрегату на великих швидкостях.

ХОДОВА ЧАСТИНА І ОСТОВ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ

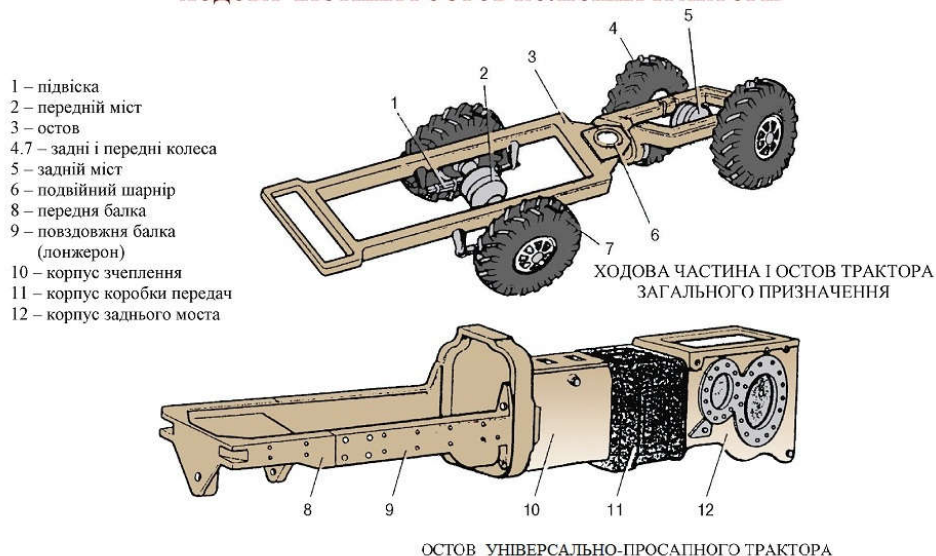


Рис. 5. Ходова частина і остов колісних енергетичних засобів

Шини сільськогосподарського призначення мають характерний ялинковий малюнок протектора з розвиненими поперечними ґрунтозацепами. Завдяки такому малюнку шина ефективно самоочищається при русі по м'яких ґрунтах. Сучасні трактори John Deere 6R та CLAAS ARION 600 комплектуються шинами IF (Improved Flexion) або VF (Very high Flexion), які при зниженому тиску (0,08–0,10 МПа) забезпечують площу контакту на 25–40 % більшу, ніж стандартні шини, що суттєво знижує ущільнення ґрунту.

Розвал коліс – кут між площиною обертання колеса і вертикаллю. Нормальний розвал передніх коліс для колісних тракторів становить 1° – $50'$. Схід коліс – різниця відстаней між ободами спереду і ззаду – компенсує деформацію деталей рульового приводу під дією сил кочення. Норма сходу: 2–6 мм.

Ходова частина гусеничного трактора

Гусенична ходова частина включає несучу раму, ведучі зірочки, натяжні колеса, опорні котки, підтримувальні ролики та гусеничні ланцюги. Ведучі зірочки отримують обертання від бортових редукторів і зчіплюються з гусеницею через ланцюгове зачеплення. Натяжне колесо переміщується за допомогою натяжного механізму (гідравлічного або гвинтового), що регулює провисання гусениці.

Сучасні гусеничні трактори John Deere 9RX та CLAAS AXION 900 Terra Trac оснащені гумовими гусеницями замість сталевих. Гумові гусениці забезпечують питомий тиск на ґрунт 0,03–0,05 МПа (удвічі менший, ніж у сталевих), дозволяють рух по дорогах без пошкодження покриття і знижують рівень вібрації в кабіні. Швидкість транспортування до 40 км/год.

ХОДОВА ЧАСТИНА ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

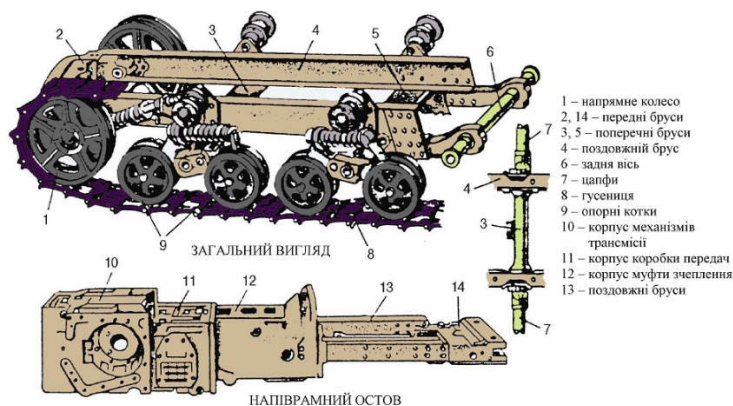


Рис. 6. Ходова частина гусеничного трактора

Нормальне провисання верхньої гілки гусениці становить 30–50 мм. Надмірне натягнення прискорює знос пальців і втулок, а недостатнє – призводить до скидання гусениці при повороті або русі по нерівностях.

Ходова частина вантажного автомобіля

Ходова частина вантажного автомобіля складається з рами, переднього та заднього мостів, підвіски, амортизаторів, коліс і шин. Листові ресори виступають одночасно пружним і спрямовуючим елементом залежної підвіски. Гідравлічні амортизатори гасять коливання, підвищуючи стабільність руху. Сучасні вантажні автомобілі Mercedes-Benz Actros та Volvo FH оснащені пневматичною підвіскою всіх осей, яка автоматично підтримує задану висоту дорожнього прояснення незалежно від навантаження.



Рис. 7. Ходова частина вантажного автомобіля

Таблиця 1. Порівняльна характеристика ходових частин різних МЕЗ

Показник	John Deere 8R (колісний)	John Deere 9RX (гусеничний)	Mercedes Actros (вантажний а/м)
Тип рушія	Колісний 4×4	Гумова гусениця	Колісний 6×4
Питомий тиск на грунт, МПа	0,08–0,12	0,03–0,05	–
Тягове зусилля, кН	до 120	до 160	–
Швидкість транспортна, км/год	до 50	до 40	до 90

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Вивчення будови ходової частини та визначення типу рушія

Опрацюйте теоретичний матеріал і заповніть таблицю 2, вказавши тип рушія, тип підвіски та особливості кожного МЕЗ.

Таблиця 2. Характеристика ходових частин (заповнити самостійно)

Марка МЕЗ	Тип рушія	Тип підвіски	Конструктивна особливість
John Deere 8R-410			
John Deere 9RX			
CLAAS AXION 900 Terra Trac			
New Holland T8.435			
Mercedes-Benz Actros 1845			

Завдання 2. Аналіз параметрів шин та тиску

Ознайомтеся з характеристиками шин і дайте відповіді на питання у звіті:

- Яка різниця між шинами стандартними, IF та VF? У чому їх перевага?
- Який тиск рекомендується в шинах IF при польовій роботі і при транспортуванні?
- Як тиск у шинах впливає на ущільнення ґрунту та тягові показники трактора?
- Яким інструментом перевіряють тиск у шинах і як часто це слід робити?

Завдання 3. Порівняльний аналіз колісного та гусеничного рушія

Накресліть у звіті схему розподілу навантаження на ґрунт для колісного та гусеничного трактора. Заповніть таблицю 3.

**Таблиця 3. Порівняння колісного та гусеничного рушія
(заповнити самостійно)**

Критерій порівняння	Колісний рушій (John Deere 8R)	Гусеничний рушій (John Deere 9RX)
Питомий тиск на ґрунт		
Прохідність на слабких ґрунтах		
Швидкість транспортування		
Вартість обслуговування		
Можливість руху по дорозі		

Завдання 4. Розрахункова частина

Виконайте розрахунок за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Частина А. Визначення питомого тиску трактора на ґрунт.

Питомий тиск колісного трактора на ґрунт:

$$q = G / (n \cdot b \cdot l \kappa),$$

де G – експлуатаційна маса трактора (Н); n – кількість ведучих коліс;
 b – ширина профілю шини (м); l_k – довжина контактної плями шини (м).

Питомий тиск гусеничного трактора:

$$q_g = G / (2 \cdot b_g \cdot L_g),$$

де b_g – ширина гусениці (м); L_g – довжина опорної поверхні гусениці (м).

Таблиця 4. Вихідні дані для розрахунку питомого тиску

Вар.	G , кН	n	b , м	l_k , м	b_g , м	L_g , м	q ; q_g (заповнити), МПа
1	95	4	0,62	0,28	–	–	
2	110	4	0,65	0,30	–	–	
3	130	4	0,68	0,32	–	–	
4	150	4	0,70	0,35	–	–	
5	170	4	0,72	0,36	–	–	
6	95	2	0,62	0,28	0,635	3,10	
7	110	2	0,65	0,30	0,635	3,20	
8	130	2	0,68	0,32	0,760	3,40	
9	150	2	0,70	0,35	0,760	3,50	
10	170	2	0,72	0,36	0,900	3,60	

Частина Б. Визначення гальмівного шляху на різних покриттях.

Гальмівний шлях розраховується за формулою:

$$S = v^2 / (2 \cdot j),$$

де v – початкова швидкість (м/с); j – середнє уповільнення (м/с²).

Таблиця 5. Вихідні дані для розрахунку гальмівного шляху

Вар.	Швидкість v , км/год	Уповільнення j , м/с ²	Покриття	S (заповнити), м
1	40	5,0	асфальт	
2	50	5,0	асфальт	
3	60	4,5	асфальт	
4	40	3,0	грунт	
5	50	3,0	грунт	
6	60	2,5	грунт	
7	40	2,0	мокрый грунт	
8	50	2,0	мокрый грунт	
9	30	3,5	асфальт	
10	70	4,5	асфальт	

Контрольні питання

1. З яких основних частин складається ходова частина колісного трактора?
2. Як впливає тиск у шинах на тягові показники та ущільнення ґрунту?
3. Що таке розвал і схід коліс та як вони впливають на знос шин?
4. Назвіть елементи гусеничної ходової частини та їх функції.
5. Як перевіряють і регулюють натяг гусениці?
6. У чому переваги гусеничного рушія перед колісним на слабких ґрунтах?
7. Яка різниця між залежною і незалежною підвіскою?
8. Чому у сільськогосподарських шин ялинковий малюнок протектора?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Рульове керування колісних тракторів та автомобілів

Години: 4 години

Мета: вивчити будову і принцип роботи рульового керування тракторів і автомобілів з механічним та гідравлічним підсилювачем; навчитися діагностувати технічний стан рульового механізму та регулювати вільний хід рульового колеса.

Загальні положення

Рульове керування призначене для зміни напрямку руху МЕЗ шляхом повороту передніх керованих коліс або зміни співвідношення швидкостей гусениць. Основні вимоги: легкість управління, висока точність слідування, надійність і мінімальний люфт.

РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З МЕХАНІЧНИМ ПІДСИЛЮВАННЯМ

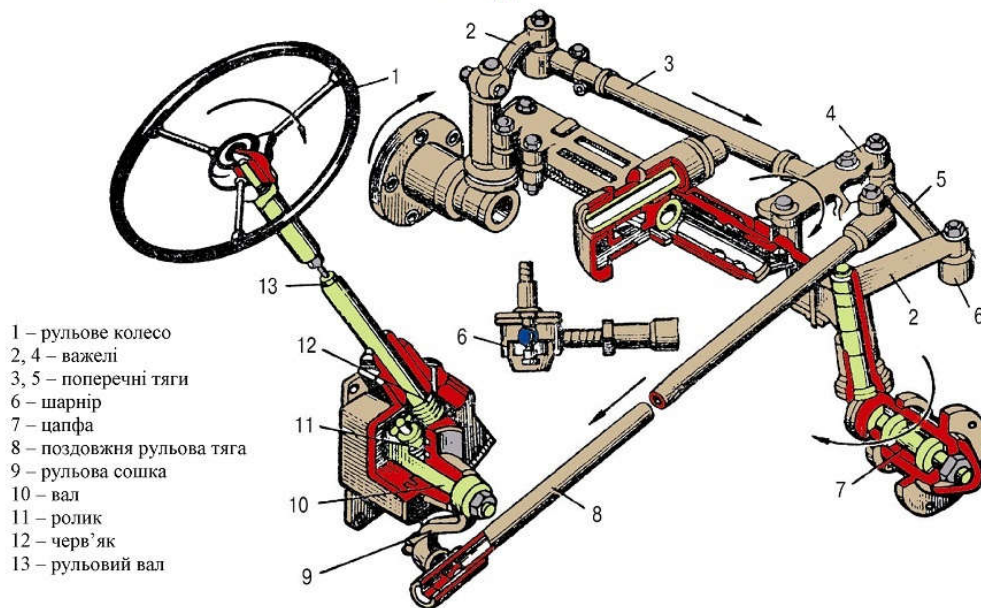


Рис. 8. Рульове керування колісного трактора з механічним підсилюванням

Рульове керування складається з трьох основних частин: рульового колеса з валом, рульового механізму і рульового приводу. На сучасних тракторах John Deere 6R та 7R застосовується електрогідравлічне рульове керування з активним підсилювачем, що автоматично змінює зусилля залежно від швидкості руху і навантаження на передній міст. Трактори CLAAS AXION 900 та

Fendt 900 Vario оснащені гідростатичним рульовим керуванням (ГСК) без механічного зв'язку між рульовим колесом і колесами – Orbitrol-тип, де керування повністю реалізовано через гідравліку.

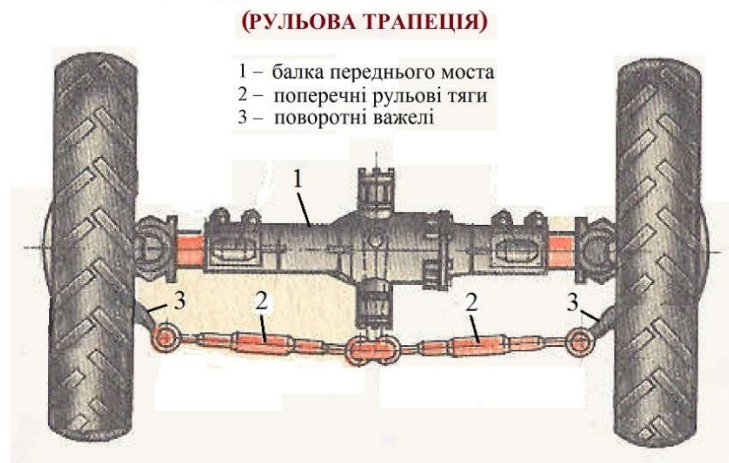


Рис. 9. Передній міст трактора (Рульова трапеція)

Гідравлічний підсилювач рульового керування

Гідравлічний підсилювач рульового керування (ГПР або ГУР) призначений для зменшення зусилля на рульовому колесі та покращення стабілізації коліс. Система складається з насоса, бачка для робочої рідини, розподільника, силового циліндра і з'єднувальних трубопроводів. Насос приводиться від двигуна і підтримує тиск у системі 8–12 МПа.

На тракторах New Holland T7 та John Deere 6R застосовується електрогідравлічний підсилювач керування з електронним блоком керування, який регулює тиск у системі залежно від кута повороту рульового колеса, швидкості руху і режиму роботи (польовий / транспортний). Зусилля на рульовому колесі при справному ГПР не перевищує 20–40 Н.

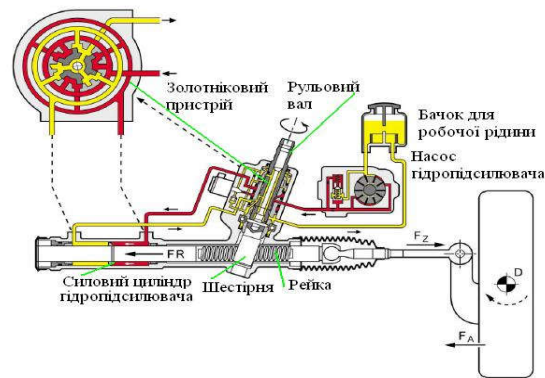


Рис. 9. Гідравлічний підсилювач рульового керування

Вільний хід рульового колеса

Вільний хід рульового колеса – це кут повороту рульового колеса від нейтрального положення до початку повороту керованих коліс. Він виникає через зазори в з'єднаннях рульового механізму і приводу. Нормативні значення:

- для легкових автомобілів – до 10° ;
- для вантажних автомобілів – до 25° ;
- для тракторів з механічним рульовим керуванням – до 25° ;
- для тракторів з ГСК (CLAAS AXION, Fendt Vario) – практично відсутній (до 5°), оскільки немає механічного зв'язку.

Збільшений вільний хід є ознакою зношення шарнірів рульових тяг, рульового механізму або підшипників рульового вала і підлягає усуненню.

Таблиця 1. Типи рульових механізмів сучасних МЕЗ

Тип рульового механізму	Область застосування та особливості
Черв'ячний (глобоїдний черв'як – ролик)	Традиційні трактори середньої потужності. Висока надійність, допускає значний знос.
Гвинт – гайка – рейка	Вантажні автомобілі. Рівномірний знос, хороша зворотна дія.
Рейковий (шестерня – рейка)	Легкові автомобілі. Простота, компактність, висока точність.

Тип рульового механізму	Область застосування та особливості
Гідростатичне рульове керування (ГСК / Orbitrol)	CLAAS AXION 900, Fendt 900 Vario, John Deere 9R. Без механічного зв'язку, мінімальний люфт, інтеграція з автопілотом.
Електрогідравлічне (EHPS)	John Deere 6R/7R, New Holland T7. Адаптивне зусилля, електронне керування, сумісність з AutoTrac.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Вивчення будови рульового керування та визначення типу механізму

Опрацюйте теоретичний матеріал і заповніть таблицю 2, вказавши тип рульового механізму, тип підсилювача та нормативний вільний хід рульового колеса для кожного МЕЗ.

Таблиця 2. Характеристика рульового керування сучасних МЕЗ (заповнити самостійно)

Марка МЕЗ	Тип рульового механізму	Тип підсилювача	Вільний хід, градус	Особливість
John Deere 6R-150				
John Deere 9R-590				
CLAAS AXION 960				
New Holland T7.315				
Fendt 942 Vario				

Завдання 2. Аналіз будови і принципу роботи ГПР

Розгляньте схему гідравлічного підсилювача рульового керування (рис. 2) і дайте відповіді на питання у звіті:

1. З яких основних елементів складається система ГПР?

2. Опишіть принцип роботи золотникового розподільника при повороті праворуч (не менше 4 кроків).
3. Яке зусилля на рульовому колесі вважається нормальним при справному ГПР?
4. Що відбудеться при відмові ГПР під час руху? Чи можна продовжувати рух?
5. У чому перевага електрогідравлічного підсилювача (EHPS) перед звичайним гідравлічним?

Завдання 3. Порівняльний аналіз типів рульового керування

Накресліть у звіті спрощену блок-схему для двох типів рульового керування: механічного з ГПР та гідростатичного (ГСК). Заповніть таблицю 3.

Таблиця 3. Порівняння типів рульового керування (заповнити самостійно)

Критерій	Механічне з ГПР	Гідростатичне (ГСК)	Електрогідравлічне (EHPS)
Наявність механічного зв'язку			
Вільний хід рульового колеса			
Зусилля на рульовому колесі			
Сумісність з автопілотом			
Складність обслуговування			

Завдання 4. Розрахункова частина

Виконайте розрахунок за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Частина А. Визначення передаточного числа рульового механізму.

Передаточне число рульового механізму:

$$i_p = \alpha_{pk} / \alpha_k$$

де α_{pk} – кут повороту рульового колеса (градус); α_k – кут повороту керованих коліс (градус).

Зусилля на рульовому колесі без підсилювача:

$$F_{pk} = M_{on} / (i_p \cdot r_{pk} \cdot \eta_p),$$

де M_{on} – момент опору повороту керованих коліс (N_m); r_{pk} – радіус рульового колеса (м); η_p – ККД рульового механізму (0,75–0,85).

Частина Б. Визначення мінімального радіуса повороту трактора.

Мінімальний радіус повороту трактора:

$$R_{min} = L / \sin(\alpha_{max}),$$

де L – колісна база трактора (м); α_{max} – максимальний кут повороту керованих коліс (градус).

Таблиця 4. Вихідні дані для розрахунку радіуса повороту

Вар.	Трактор	L, м	α_{max} , градус	R_min (заповнити), м
1	John Deere 6R-150	2,75	55	
2	John Deere 6R-150	2,75	50	
3	John Deere 7R-250	2,90	55	
4	John Deere 7R-250	2,90	50	
5	CLAAS AXION 850	2,85	58	
6	CLAAS AXION 850	2,85	52	
7	New Holland T7.315	2,80	55	

Вар.	Трактор	L, м	α_{\max} , градус	R_min (заповнити), м
8	New Holland T7.315	2,80	50	
9	Fendt 942 Vario	2,95	56	
10	Fendt 942 Vario	2,95	51	

Порядок розрахунку Частини Б:

- 1) Перевести кут α_{\max} з градусів у радіани або скористатись функцією \sin безпосередньо.
- 2) Підставити у формулу $R_{\min} = L / \sin(\alpha_{\max})$.
- 3) Порівняти результат з технічними характеристиками трактора (John Deere 6R: $R_{\min} \approx 5,5$ м; Fendt 942: $R_{\min} \approx 5,8$ м) і зробити висновок.

Контрольні питання

1. Яке призначення рульового керування і з яких основних частин воно складається?
2. Яку роль відіграє гідравлічний підсилювач рульового керування?
3. Яким має бути нормальний вільний хід рульового колеса трактора?
4. Назвіть причини збільшення вільного ходу рульового колеса.
5. Як працює золотниковий розподільник ГПР при повороті?
6. Що таке гідростатичне рульове керування і де воно застосовується?
7. Які наслідки має відмова ГПР при русі на великій швидкості?
8. Як перевіряється тиск у системі ГПР і яке значення є нормальним?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Гальмівні системи тракторів та автомобілів

Години: 2 години

Мета: вивчити типи та будову гальмівних систем МЕЗ; навчитися перевіряти ефективність гальмування, вимірювати залишкову товщину гальмівних накладок і оцінювати технічний стан гальмівного приводу.

Призначення та класифікація гальмівних систем

Гальмівна система призначена для зниження швидкості або зупинки МЕЗ, а також для утримання його на місці під час стоянки. Гальмівні системи поділяються на: робочу (основну), запасну і стоянкову. За конструкцією гальмівних механізмів розрізняють барабанні та дискові гальма. Привід може бути механічним, гідравлічним, пневматичним або комбінованим.

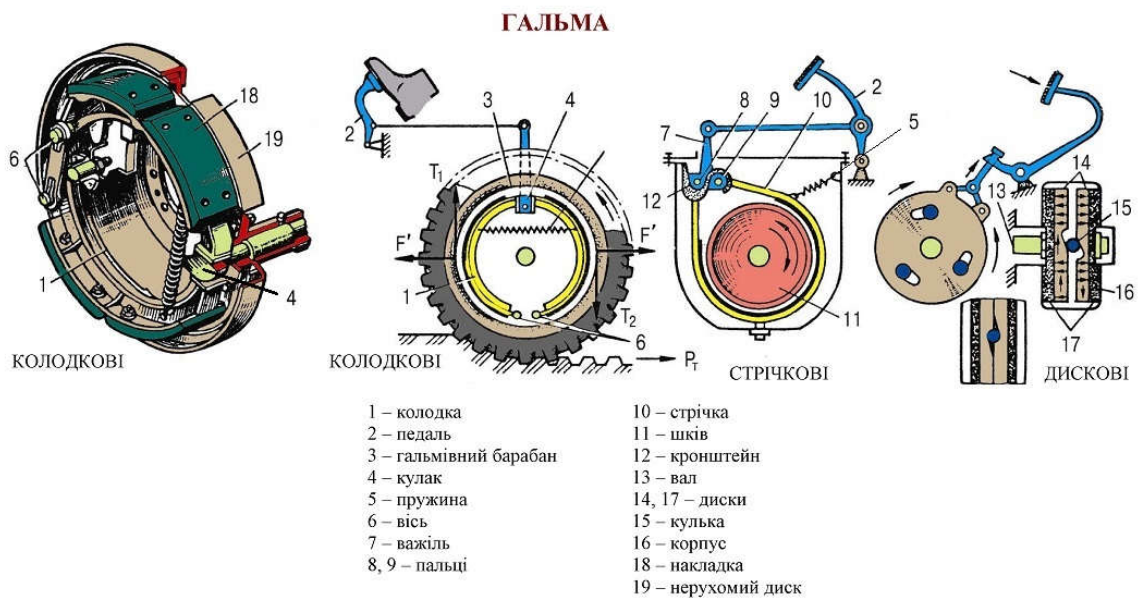


Рис.10. Класифікація гальмівних систем

Гальмівні системи тракторів

Сучасні колісні трактори оснащуються дисковими або багатодисковими мокрими гальмами. На тракторах John Deere 6R та 7R застосовуються багатодискові мокрі гальма, занурені в масло, що забезпечує їх активне охолодження і ресурс до 8 000 мотогодин без технічного обслуговування. Такі гальма розміщені в корпусах бортових редукторів і мають електрогідравлічне керування.

Трактори New Holland T7 та CLAAS AXION 800 оснащені інтегрованою системою ABS (Anti-lock Braking System), яка при гальмуванні на слизькому ґрунті запобігає блокуванню коліс і зберігає керованість. Особливістю тракторних гальм є диференційована дія – можливість гальмування лише одного ведучого колеса для зменшення радіуса повороту на м'яких ґрунтах. Стоянкове гальмо на сучасних тракторах активується автоматично при вимкненні двигуна.

Гальмівні системи вантажних автомобілів

Вантажні автомобілі Mercedes-Benz Actros та Volvo FH оснащені пневматичним гальмівним приводом з електронним керуванням EBS (Electronic Braking System). Компресор нагнітає стиснене повітря у ресивери. При натисканні педалі гальма електронний блок керування миттєво розподіляє гальмівне зусилля між осями залежно від навантаження, що скорочує гальмівний шлях на 15–20 % порівняно з механічним розподілом. Тиск у пневмосистемі підтримується в межах 0,65–0,80 МПа.

Антиблокувальна система (АБС) є обов'язковою для вантажних автомобілів відповідно до Правил ЄЕК ООН № 13. На автомобілях Volvo FH додатково встановлюється система допоміжного гальмування – моторний гальмівний уповільнювач (ретардер), який передає гальмівний момент через трансмісію без використання колодок. Це знижує знос гальмівних накладок і запобігає їх перегріванню на довгих спусках.

Розрахунок гальмівного шляху

Гальмівний шлях розраховується за формулою:

$$S = v^2 / (2 \cdot j),$$

де v – початкова швидкість (м/с); j – середнє уповільнення (м/с²). Нормативне уповільнення при перевірці гальм: для легкових автомобілів – не менше 5,8 м/с²; для вантажних – 5,0 м/с²; для тракторів – 2,5–3,5 м/с².

Таблиця 1. Мінімально допустима товщина гальмівних накладок

Тип гальмівного механізму	Мінімальна товщина накладки
Дискові гальма (легкові автомобілі)	2 мм
Барабанні гальма (вантажні автомобілі)	3–4 мм
Багатодискові мокрі гальма тракторів (John Deere 6R, New Holland T7)	перевірка за зазором, норма 0,2–0,4 мм
Дискові гальма тракторів	1,5 мм

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Класифікація та порівняльний аналіз гальмівних систем

На основі теоретичного матеріалу заповніть таблицю 2.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика гальмівних систем (заповнити самостійно)

Марка МЕЗ	Тип гальмівного механізму	Тип приводу	Наявність АБС	Особливість
John Deere 6R-150				
New Holland T7.315				
CLAAS AXION 850				
Mercedes-Benz Actros 1845				
Volvo FH 500				

Завдання 2. Аналіз технічного стану гальмівної системи

Дайте відповіді на питання у звіті:

- Яка мінімально допустима товщина накладок для дискових гальм трактора?

- Назвіть зовнішні ознаки несправності гальмівної системи (не менше 4).
- Що таке ретардер і на яких МЕЗ він застосовується?
- У чому перевага багатодискових мокрих гальм перед сухими дисковими?
- Як система EBS відрізняється від звичайного пневматичного приводу?

Завдання 3. Розрахункова частина – гальмівний шлях

Виконайте розрахунок за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Таблиця 3. Вихідні дані для розрахунку гальмівного шляху

Вар.	МЕЗ	Швидкість v , км/год	Уповільнення j , м/с ²	S (заповнити), м
1	John Deere 6R (трактор)	30	3,0	
2	John Deere 6R (трактор)	40	3,0	
3	New Holland T7 (трактор)	40	3,5	
4	New Holland T7 (трактор)	50	3,5	
5	CLAAS AXION 850 (трактор)	30	2,5	
6	CLAAS AXION 850 (трактор)	50	2,5	
7	Mercedes Actros (вантажний а/м)	60	5,0	
8	Mercedes Actros (вантажний а/м)	80	5,0	

Вар.	МЕЗ	Швидкість v , км/год	Уповільнення j , м/с ²	S (заповнити), м
9	Volvo FH (вантажний а/м)	60	5,2	

Порядок розрахунку:

- 1) Перевести швидкість з км/год у м/с: $v \text{ (м/с)} = v \text{ (км/год)} / 3,6$
- 2) Підставити у формулу: $S = v^2 / (2 \cdot j)$
- 3) Порівняти отриманий результат з нормативним значенням та зробити висновок.

Контрольні питання

1. Назвіть типи гальмівних систем за призначенням і конструкцією гальмівних механізмів.
2. У чому полягає особливість гальмівної системи трактора МТЗ-82?
3. Що таке диференційоване гальмування і де воно застосовується?
4. Як влаштований пневматичний гальмівний привід вантажного автомобіля?
5. Яке призначення АБС і як вона впливає на гальмівний шлях?
6. Як розраховується гальмівний шлях і від яких факторів він залежить?
7. Яка мінімально допустима товщина гальмівних накладок?
8. Назвіть зовнішні ознаки несправності гальмівної системи.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

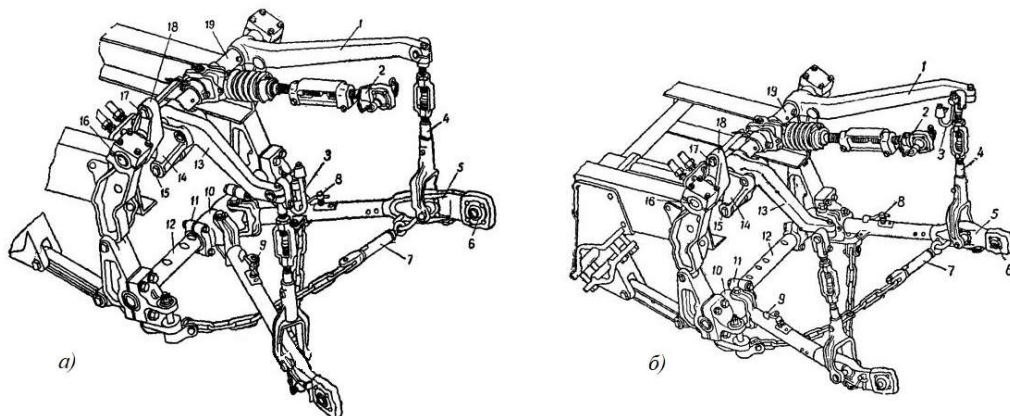
Робоче обладнання тракторів та автомобілів

Години: 2 години

Мета: вивчити будову і принцип роботи навісної системи трактора та гідравлічного приводу; навчитися агрегувати знаряддя з трактором, встановлювати глибину обробки ґрунту та перевіряти технічний стан гідравлічної системи.

Навісна система трактора

Навісна система трактора призначена для з'єднання трактора з начіпними та напівначіпними знаряддями, підймання і опускання їх за допомогою гідроциліндра. Тривухточкова навісна система забезпечує уніфікацію агрегування знарядь різних виробників. Вона складається з двох нижніх тяг, верхньої (центральної) тяги, розкосів, підйомних важелів і запірних пристроїв.



а - двоточкова наладка; б - триточкова наладка; 1 - підйомний важіль (правий); 2 - верхня тяга; 3 - фіксатор верхньої тяги; 4 - розкід; 5 - нижня тяга; 6 - кульова головка; 7 - обмежувальний ланцюг; 8 - палець; 9 - фіксатор; 10 - циліндрична головка; 11 - упор; 12 - нижня вісь; 13 - підйомний важіль (лівий); 14 - важіль штока; 15 - з'єднувальний палець; 16 - верхня вісь; 17 - палець блокування; 18 – упорний важіль; 19 - вал важелів.

Рис. 11. Начіпний механізм трактора

Сучасні трактори John Deere 6R та 7R оснащені навісною системою з електронним керуванням вантажопідйомністю до 7 500 кг (John Deere 7R-290) та автоматичним обмеженням навантаження на задній міст. Трактори CLAAS AXION 900 мають навісну систему вантажопідйомністю до 10 000 кг з функцією автоматичного вирівнювання знаряддя на схилах. New Holland T8 забезпечує вантажопідйомність до 11 300 кг завдяки посиленій конструкції підйомних важелів і гідроциліндрів подвійної дії.

Гідравлічна система трактора

Гідравлічна система сучасного трактора забезпечує керування навісною системою, виносними гідроциліндрами і гідрофікованими знаряддями. Трактори John Deere 6R оснащені закритою гідравлічною системою Load Sensing з продуктивністю насоса 113 л/хв і тиском до 20 МПа. Система автоматично підтримує необхідний тиск лише при наявності споживача, що знижує витрати потужності на 15–20 % порівняно з відкритими системами.

Трактори CLAAS AXION 960 та Fendt 942 Vario мають гідравлічну систему з продуктивністю до 190–210 л/хв і до 7 виносних гідравлічних секцій з електронним керуванням через ISOBUS-термінал. Розподільник має положення: «піднімання», «нейтраль», «опускання» і «плаваюче» – при якому поршень циліндра вільно переміщається під дією зовнішніх сил (використовується при роботі ґрунтообробних знарядь з опорними колесами).

Вал відбору потужності

Вал відбору потужності (ВВП) призначений для приводу активних робочих органів машин-знарядь: роторних косарок, пресів-підбирачів, обприскувачів, насосів. ВВП може бути незалежним від швидкості руху або синхронним (залежним від колісного ходу). Швидкісні режими: 540 хв⁻¹ (тип 1) і 1 000 хв⁻¹ (тип 2). Трактори John Deere 7R та CLAAS AXION 900 додатково оснащені режимом 1 000E (економічний) – 1 000 хв⁻¹ ВВП при зниженій частоті обертання двигуна 1 600 хв⁻¹ замість 2 100 хв⁻¹, що дозволяє економити до 15 % палива.

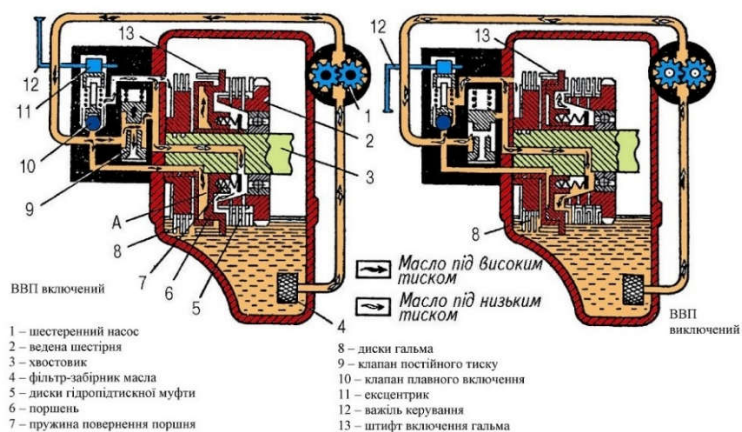


Рис. 12. Схема валу відбору потужності тракторів

Таблиця 1. Методи регулювання глибини обробки ґрунту

Метод регулювання	Характеристика і область застосування
Позиційне	Підтримує постійне положення знаряддя відносно трактора. Для оранки і культивуації на рівномірних ґрунтах. Застосовується на John Deere 6R, New Holland T7.
Силове	Підтримує постійне тягове зусилля. Для оранки на нерівних ґрунтах зі змінним опором. Автоматично змінює глибину при зміні твердості ґрунту.
Змішане (позиційно-силове)	Комбінація двох методів. Найбільш поширене на сучасних тракторах CLAAS AXION, Fendt Vario.
Висотне (за опорним колесом)	Глибина задається опорним колесом знаряддя. Для прецизійного землеробства, сівалок точного висіву.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Вивчення навісної системи та визначення вантажопідйомності

Опрацюйте теоретичний матеріал і заповніть таблицю 2, вказавши характеристики навісної системи та гідравліки для кожного трактора.

Таблиця 2. Характеристика навісної системи і гідравліки (заповнити самостійно)

Марка трактора	Вантажопідйомність навісної, кг	Продуктивність насосу, л/хв	Кількість виносних секцій	Тип гідросистеми
John Deere 6R-150				

Марка трактора	Вантажопідйомність навісної, кг	Продуктивність насосу, л/хв	Кількість виносних секцій	Тип гідросистеми
John Deere 7R-290				
CLAAS AXION 960				
New Holland T8.435				

Завдання 2. Порівняльний аналіз методів регулювання глибини обробки ґрунту

Заповніть таблицю 3 і накресліть у звіті схему агрегування трактора з плугом із зазначенням точок кріплення навісної системи (три точки ISO 730).

Таблиця 3. Порівняння методів регулювання глибини обробки ґрунту (заповнити самостійно)

Метод	Принцип дії	Умови застосування	Переваги	Недоліки
Позиційне				
Силове				
Змішане				
Висотне				

Завдання 3. Розрахункова частина

Виконайте розрахунок за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Частина А. Визначення тягового опору знаряддя та необхідної потужності трактора.

Тяговий опір знаряддя:

$$R = k \cdot b \cdot a,$$

де k – питомий опір ґрунту (кН/м^2); b – ширина захвату знаряддя (м);
 a – глибина обробки (м).

Необхідна тягова потужність трактора:

$$N_{\text{тяг}} = R \cdot v,$$

де v – робоча швидкість (м/с).

Таблиця 4. Вихідні дані для розрахунку тягового опору

Вар.	Знаряддя / ґрунт	k , кН/м^2	b , м	a , м	R ; $N_{\text{тяг}}$ (заповнити)
1	Плуг / суглинок ($v=1.4$ м/с)	45	2,1	0,25	
2	Плуг / суглинок ($v=1.4$ м/с)	50	2,4	0,27	
3	Плуг / важкий суглинок ($v=1.2$ м/с)	60	2,1	0,25	
4	Плуг / важкий суглинок ($v=1.2$ м/с)	65	2,4	0,27	
5	Культиватор / суглинок ($v=2.2$ м/с)	20	6,0	0,10	
6	Культиватор / суглинок ($v=2.2$ м/с)	22	7,5	0,12	

Вар.	Знаряддя / грунт	к, кН/м ²	б, м	а, м	R; N_тяг (заповнити)
7	Дискова борона / суглинок (v=2 м/с)	30	4,0	0,15	
8	Дискова борона / важкий суглинок (v=2 м/с)	38	4,0	0,18	
9	Плуг / пісчаний грунт (v=1.5 м/с)	35	2,4	0,22	
10	Культиватор / важкий суглинок (v=2 м/с)	25	6,0	0,12	

Частина Б. Визначення продуктивності агрегату.

Продуктивність агрегату за годину основного часу:

$$W_{год} = 0,1 \cdot b \cdot v \cdot \tau,$$

де b – ширина захвату (м); v – робоча швидкість (км/год); τ – коефіцієнт використання часу зміни (0,75–0,85).

Таблиця 5. Вихідні дані для розрахунку продуктивності агрегату

Вар.	Трактор + знаряддя	б, м	v, км/год	τ	W_год (заповнити), га/год
1	John Deere 6R + культиватор	9,0	10	0,80	
2	John Deere 6R + сівалка	6,0	9	0,80	
3	John Deere 7R + плуг	3,0	8	0,75	

Вар.	Трактор + знаряддя	b, м	v, км/год	τ	W_год (заповнити), га/год
4	John Deere 7R + дискова борона	6,0	10	0,82	
5	CLAAS AXION 850 + плуг	3,6	8	0,75	
6	CLAAS AXION 850 + обприскувач	24,0	12	0,85	
7	New Holland T7 + культиватор	9,0	11	0,80	
8	New Holland T7 + сівалка	8,0	9	0,80	
9	Fendt 942 + плуг	4,2	8	0,75	
10	Fendt 942 + обприскувач	28,0	14	0,85	

Контрольні питання

1. Яке призначення тривухточкової навісної системи і що означає ISO 730?
2. З яких елементів складається гідравлічна система трактора *(на вибір)*?
3. Яке призначення вала відбору потужності і які бувають його типи?
4. Чим відрізняється позиційне регулювання від силового?
5. Яке призначення плаваючого положення золотника розподільника?
6. Що таке гідрофіковане знаряддя і як воно підключається до тракторної гідросистеми?
7. Яка вантажопідйомність навісної системи трактора *(на вибір)*?

8. Яким чином тиск в гідросистемі обмежується на рівні 18–20 МПа?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Допоміжне устаткування тракторів та автомобілів

Години: 2 години

Мета: ознайомитися з допоміжним обладнанням тракторів та автомобілів, що забезпечує безпеку, комфорт оператора та відповідність ергономічним вимогам; навчитися оцінювати стан кабіни та систем безпеки МЕЗ.

Кабіна оператора та системи безпеки

Сучасна кабіна трактора є герметичним простором з системами опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC), шумо- і віброізоляцією, підресореним сидінням з регулюванням під масу і зріст оператора. Трактори John Deere серії 8R та 9R оснащені кабіною CommandView III з панорамним оглядом 360°, кліматичним контролем з автоматичним підтриманням температури і рівнем шуму не більше 70 дБА – на 10 дБА нижче нормативного значення. Кабіна тракторів CLAAS AXION 900 серії SEBIS має ергономічний підлокітник SMOTION з інтегрованим джойстиком керування всіма основними функціями без відриву руки.

Захисна конструкція від перекидання (ROPS – Roll-Over Protection Structure) є обов'язковою для тракторів потужністю понад 15 кВт. На тракторах New Holland T7 та Fendt 900 Vario ROPS інтегрована в силову структуру кабіни, що не збільшує загальних габаритів. Захист від падаючих об'єктів (FOPS – Falling Object Protective Structure) є обов'язковим для тракторів, що працюють у лісовому господарстві або будівництві.

Ергономічні вимоги до кабіни

Відповідно до ДСТУ EN 474 та ДСТУ ISO 2631 до кабіни трактора висуваються такі вимоги:

- рівень звукового тиску – не більше 80 дБА (вимірювання на рівні вуха оператора);
- середньозважена вертикальна вібрація на сидінні – не більше 0,5 м/с²;
- температура повітря в кабіні у робочому режимі – 18–26 °С;

- освітленість щитка приладів – не менше 50 лк;
- зони досяжності основних органів керування – в радіусі 500–700 мм від центру сидіння.

Трактори Fendt 900 Vario та CLAAS AXION 960 відповідають підвищеному класу комфорту: вібрація на сидінні не перевищує 0,3 м/с² завдяки активній пневматичній підвісці сидіння з автоматичним налаштуванням під масу тіла оператора.

Системи точного землеробства та навігації

Сучасні трактори комплектуються системами ГНСС (GPS /Galileo) з точністю позиціонування 2–5 см при використанні RTK-корекції. Трактори John Deere 8R оснащені системою автопілота StarFire 7000 з точністю $\pm 2,5$ см по курсу, що забезпечує мінімальні перекриття і пропуски при польових операціях. Система AutoTrac дозволяє оператору повністю передати керування напрямком руху електронній системі.

Трактори CLAAS AXION 900 використовують систему навігації SEMIS 1200 з RTK-точністю і функцією SECTION CONTROL – автоматичним секційним вимкненням сівалки або обприскувача при перекритті вже обробленої ділянки.

Таблиця 1. Характеристика систем безпеки та навігації сучасних тракторів

Система / показник	Характеристика і нормативне значення
ROPS (захист від перекидання)	Обов'язкова для тракторів > 15 кВт (ДСТУ EN 13531); інтегрована в кабіну John Deere 8R, Fendt 900, New Holland T7
FOPS (захист від падаючих предметів)	Лісові та будівельні машини, клас II; встановлюється додатково над кабіною
Рівень шуму в кабіні	≤ 80 дБА (ДСТУ EN 474); John Deere 8R – 70 дБА, Fendt 942 – 68 дБА
Вібрація на сидінні (вертикальна)	$\leq 0,5$ м/с ² (ДСТУ ISO 2631); Fendt/CLAAS з активним сидінням – 0,3 м/с ²
Точність GPS-автопілота (RTK)	$\pm 2,5$ см (John Deere StarFire); $\pm 1,5$ см (New Holland SmartTrax)

Система / показник	Характеристика і нормативне значення
Автоматичний поворот у кінці гону	Fendt iTurn, John Deere AutoTurn – скорочує час маневру до 30 %

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Аналіз систем безпеки кабіни сучасних тракторів

На основі теоретичного матеріалу заповніть таблицю 2, вказавши наявність та характеристику систем безпеки для кожної марки трактора.

**Таблиця 2. Системи безпеки кабін сучасних тракторів
(заповнити самостійно)**

Марка трактора	ROPS	FOPS	Шум, дБА	Вібрація, м/с ²	Система навігації
John Deere 8R-410					
CLAAS AXION 960					
New Holland T8.435					
Fendt 942 Vario					

Завдання 2. Ергономічний аналіз робочого місця оператора

Дайте письмові відповіді на питання у звіті:

- Що таке ROPS і коли його застосування є обов'язковим? Наведіть приклади тракторів.
- Чим відрізняється ROPS від FOPS? На яких машинах встановлюється FOPS?
- Які ергономічні вимоги висуваються до зон досяжності органів керування?
- Що таке ISOBUS-термінал і яку роль він відіграє в сучасному МЕЗ?

Завдання 3. Порівняльний аналіз систем точного землеробства

На основі теоретичного матеріалу та додаткових джерел заповніть таблицю 3 і зробіть висновок, яка система є найточнішою та найфункціональнішою.

**Таблиця 3. Порівняння систем навігації та автопілота
(заповнити самостійно)**

Критерій	John Deere StarFire 7000	CLAAS CEMIS 1200	New Holland SmartTrax	Fendt VarioGuide
Точність без RTK				
Точність з RTK				
Автоповорот у кінці гону				
Секційний контроль				
ISOBUS-сумісність				

Висновок до завдання 3 (написати самостійно на основі заповненої таблиці):

Контрольні питання

1. Що таке ROPS і коли його застосування є обов'язковим?
2. Яким вимогам щодо рівня шуму повинна відповідати кабіна трактора?
3. Які ергономічні вимоги висуваються до зон досяжності органів керування?
4. Що таке ISOBUS-термінал і яка його роль у сучасному МЕЗ?
5. Яку точність позиціонування забезпечує система RTK-GPS?
6. Чим відрізняється ROPS від FOPS?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

Електричне обладнання. Джерела електричного струму

Години: 2 години

Мета: вивчити будову і принцип роботи акумуляторної батареї та генератора змінного струму; навчитися перевіряти стан АКБ навантажувальним вилком і ареометром, вимірювати напругу бортової мережі та оцінювати стан зарядки від генератора.

Бортова електромережа МЕЗ

Бортова електромережа тракторів і автомобілів живиться від двох паралельно з'єднаних джерел: акумуляторної батареї (АКБ) і генератора змінного струму з вбудованим випрямлячем. Напруга бортової мережі: 12 В – для більшості тракторів і легкових автомобілів; 24 В – для вантажних автомобілів і потужних тракторів. Трактори John Deere 8R, 9R та CLAAS AXION 960 використовують бортову мережу 24 В з двома послідовно з'єднаними батареями по 12 В ємністю 180–200 А·год кожна. Трактори New Holland T7 та Fendt 700 Varіo мають мережу 12 В з батареями ємністю 150–180 А·год.

Сучасні трактори оснащуються системою інтелектуального керування зарядкою (Intelligent Battery Management), яка автоматично розподіляє навантаження між генератором і АКБ залежно від режиму роботи двигуна, температури і стану заряду. На тракторах John Deere 8R встановлено два незалежні генератори сумарною потужністю до 300 А для забезпечення живлення електронних систем керування, навігації та кондиціонування.

Акумуляторна батарея

Свинцево-кислотна акумуляторна батарея – основне автономне джерело живлення бортової мережі при непрацюючому двигуні. Батарея складається з 6 (для 12 В) послідовно з'єднаних акумуляторів (банок), кожна з ЕРС $\approx 2,1$ В у зарядженому стані. Позитивні пластини вкриті двооксидом свинцю (PbO_2), негативні – губчастим свинцем (Pb), електроліт – розчин сірчаної кислоти (H_2SO_4) у дистильованій воді.

Ступінь заряду батареї визначається густиною електроліту. При повному заряді для помірного клімату: 1,27–1,28 г/см³. При розряді до 50 % – 1,20 г/см³. При повному розряді – 1,10–1,12 г/см³. Заряджену батарею (12 В) перевіряють мультиметром без навантаження: напруга 12,6–12,7 В. Перевірка навантажувальним вилком при струмі розряду (3–5 с): напруга не повинна падати нижче 10,2 В.

Ємність батарей для тракторів John Deere 8R та CLAAS AXION 960 – 180–200 А·год (24 В мережа). Основні причини скорочення ресурсу АКБ: систематичне недозарядження або перезарядження (сульфатація пластин), замерзання (розряджена батарея замерзає вже при –10 °С), вібрація, що руйнує активну масу пластин.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика джерел живлення бортової мережі

Характеристика	Акумуляторна батарея	Генератор змінного струму
Функція	Живлення при непрацюючому двигуні	Живлення при працюючому двигуні
Напруга (12 В мережа)	12,6–12,7 В (заряджена)	13,8–14,4 В (зарядна)
Напруга (24 В мережа)	25,2–25,4 В (заряджена)	27,6–28,8 В (зарядна)
Ємність / Потужність	150–200 А·год (John Deere 8R, CLAAS AXION)	150–200 А (John Deere 8R – два генератори)
Термін служби	3–5 років	8–10 років

Генератор змінного струму

Генератор змінного струму складається з ротора (обмотка збудження), статора (три обмотки змінного струму, зміщені на 120°), випрямляча (6 або 9 діодів, трифазний міст Гретца) та регулятора напруги. Ротор приводиться від колінчастого вала через ремінну або шестеренну передачу з передаточним числом 2,2–2,8.

Регулятор напруги підтримує напругу зарядки АКБ у межах 13,8–14,4 В (для 12 В мережі) або 27,6–28,8 В (для 24 В мережі) незалежно від частоти обертання ротора і навантаження. На

тракторах John Deere 8R та New Holland T8 встановлено генератори потужністю 150–200 А з електронним регулятором, що інтегрований у систему CAN-bus і передає діагностичні дані на дисплей оператора в режимі реального часу.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Аналіз бортових електромереж сучасних тракторів

На основі теоретичного матеріалу заповніть таблицю 2.

**Таблиця 2. Характеристика електромереж сучасних тракторів
(заповнити самостійно)**

Марка трактора	Напруга мережі, В	Ємність АКБ, А·год	Потужність генератора, А	Особливість електричної системи
John Deere 8R-410				
John Deere 6R-150				
CLAAS AXION 960				
New Holland T7.315				
Fendt 942 Vario				

Завдання 2. Перевірка стану АКБ – аналіз методів діагностики

Дайте письмові відповіді на питання у звіті:

- Яка напруга вважається нормальною для зарядженої 12 В батареї без навантаження?
- Яка напруга вважається нормальною при перевірці навантажувальним вилком (3–5 с)?
- Як густиною електроліту визначають ступінь заряду батареї? Заповніть таблицю 3.
- Назвіть 4 основні причини скорочення ресурсу АКБ.
- Чому не можна зберігати розряджену АКБ у мороз?

Таблиця 3. Залежність густини електроліту від ступеня заряду АКБ (заповнити самостійно)

Ступінь заряду АКБ	Густина електроліту, г/см ³	Напруга без навантаження, В
Повний заряд (100 %)		
Частковий розряд (50 %)		
Повний розряд (0 %)		

Завдання 3. Розрахункова частина – потужність та енергетичний баланс

Виконайте розрахунок за своїм варіантом (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Потужність, яку споживає електрообладнання:

$$P_{\text{заг}} = U \cdot I_{\text{заг}}$$

де U – напруга бортової мережі (В); $I_{\text{заг}}$ – загальний струм споживання (А).

Час роботи АКБ без підзарядки від генератора:

$$t = C / I_{\text{заг}}$$

де C – ємність АКБ (А·год); $I_{\text{заг}}$ – загальний струм споживання (А).

Таблиця 4. Вихідні дані для розрахунку

Вар.	Трактор	U, В	I _{заг} , А	C, А·год	P _{заг} ; t (заповнити)
1	John Deere 6R-150	12	45	150	
2	John Deere 6R-150	12	60	150	
3	New Holland T7.315	12	50	180	
4	New Holland T7.315	12	70	180	

Вар.	Трактор	U, В	I_заг, А	C, А·год	P_заг; t (заповнити)
5	Fendt 942 Vario	12	55	170	

Порядок розрахунку:

- 1) Обчислити загальну споживану потужність: $P_{\text{заг}} = U \cdot I_{\text{заг}}$ (Вт).
- 2) Визначити час роботи АКБ без підзарядки: $t = C / I_{\text{заг}}$ (год).
- 3) Зробити висновок: чи достатня ємність АКБ для тривалої роботи без двигуна.

Контрольні питання

1. Яке призначення АКБ у бортовій електромережі МЕЗ?
2. Яка напруга вважається нормальною для зарядженої 12 В батареї?
3. Як густиною електроліту визначають ступінь заряду батареї?
4. Яку напругу має підтримувати генератор при зарядці 12 В батареї?
5. З яких основних елементів складається генератор змінного струму?
6. Яке призначення регулятора напруги генератора?
7. Назвіть ознаки несправності генератора і методи їх виявлення.
8. Чому не можна зберігати розряджену АКБ у мороз?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

Система електричного запалювання

Години: 2 години

Мета: вивчити будову і принцип роботи сучасної системи запалювання бензинового двигуна; навчитися перевіряти справність свічок запалювання, котушки, бронепровідників та кута випередження запалювання за допомогою сканера OBD-II.

Призначення і класифікація систем запалювання

Система запалювання призначена для займання паливно-повітряної суміші в камері згоряння бензинового двигуна в суворо визначений момент, що відповідає оптимальному куту випередження. Для дизельних двигунів система запалювання не потрібна – суміш займається від стиснення. Однак у них застосовуються свічки розжарювання для полегшення холодного пуску при температурі нижче 0 °С.

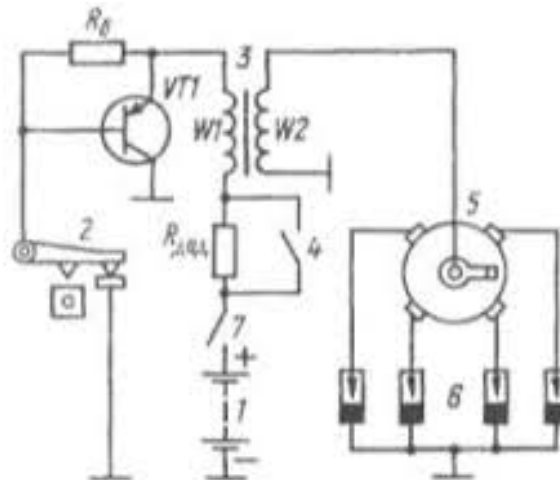


Рис. 13. Схема системи запалювання

Сучасні системи запалювання – повністю мікропроцесорні, без механічного розподільника і контактів. Всі процеси керуються електронним блоком керування (ЕБУ) двигуна на основі сигналів датчиків. Автомобілі з бензиновими двигунами Fendt (серія Katana для комбайнів), New Holland та CLAAS оснащені системами типу COP (Coil-On-Plug) або DIS (безрозподільна), де кожна свічка має індивідуальну котушку запалювання.

Будова і принцип роботи

У системі COP (Coil-On-Plug) кожна свічка має індивідуальну котушку запалювання, що безпосередньо на неї одягається. ЕБУ подає керуючий імпульс на первинну обмотку котушки, що викликає накопичення магнітної енергії, а потім різке переривання струму. У вторинній обмотці індукується висока напруга (12–30 кВ), яка пробиває іскровий проміжок свічки.

Кут випередження запалювання (КВЗ) – кут повороту колінчастого вала до ВМТ, при якому відбувається іскроутворення. Оптимальний КВЗ залежить від частоти обертання і навантаження двигуна: на малих обертах – 5–10° до ВМТ, на великих – 25–35° до ВМТ. Занадто ранній КВЗ викликає детонацію, запізнений – перегрів двигуна і зниження потужності.

Основні датчики системи запалювання:

- ДПКВ (датчик положення колінчастого вала) – визначає момент іскроутворення і ВМТ;
- датчик фаз (розподільного вала) – визначає такт стиснення для індивідуального керування котушками;
- датчик детонації – фіксує аномальне згоряння і коригує КВЗ у бік запізнення;
- датчик MAP/MAF – визначає навантаження двигуна для корекції КВЗ;
- датчик положення дросельної заслінки (TPS) – визначає режим розгону/гальмування.

Свічки запалювання

Свічка запалювання складається з металевого корпусу з різьбою, ізолятора з центральним електродом і бокового електрода, привареного до корпусу. Іскровий проміжок між електродами для бензинових двигунів: 0,7–1,0 мм, для газових – 0,5–0,7 мм.

За зовнішнім виглядом нагару на ізоляторі можна визначити стан двигуна:

- чисто-сірий або бежевий нагар – нормальний режим роботи;
- чорний бархатистий нагар – збагачена суміш або знос маслорозподільних кілець;

- маслянистий нагар – потрапляння масла у камеру згоряння;
- білий або сірий пористий нагар – збіднена суміш або перегрів двигуна;
- оплавлений електрод – детонація або занадто раннє запалювання.

Таблиця 1. Характеристика типів свічок запалювання

Тип свічки	Матеріал електрода	Ресурс	Особливості
Стандартна	Нікелевий сплав	30 000–60 000 км	Низька ціна, стандартний ресурс
Платинова	Платина (Pt)	60 000–80 000 км	Стабільне іскроутворення, менший знос електрода
Іридієва	Іридій (Ir)	80 000–100 000 км	Тонкий електрод (0,4 мм), точне запалювання, мінімальна напруга пробою
Свічка розжарювання	Керамічна спіраль	60 000–100 000 км	Дизельний двигун, пуск при $t^{\circ} < 0^{\circ}\text{C}$, нагрів до 900°C за 2–4 с

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Аналіз компонентів системи запалювання

На основі теоретичного матеріалу заповніть таблицю 2, вказавши призначення кожного елемента системи запалювання.

**Таблиця 2. Елементи системи запалювання та їх призначення
(заповнити самостійно)**

№	Елемент	Призначення
1	Котушка запалювання (індивідуальна, СОР)	
2	Датчик положення колінчастого вала (ДПКВ)	
3	Датчик детонації	
4	Датчик фаз (розподільного вала)	
5	Електронний блок керування (ЕБУ)	
6	Свічка запалювання	

Завдання 2. Діагностика свічок запалювання за характером нагару

Розгляньте рисунок 3 і заповніть таблицю 3, вказавши причину кожного типу нагару та необхідні дії.

**Таблиця 3. Діагностика стану двигуна за нагаром на свічках
(заповнити самостійно)**

Тип нагару	Причина	Необхідні дії
Чисто-сірий / бежевий		
Чорний бархатистий		
Маслянистий		
Білий / сірий пористий		
Оплавлений електрод		

Завдання 3. Аналіз кута випередження запалювання

Дайте письмові відповіді на питання у звіті:

1. Що таке кут випередження запалювання (КВЗ) і від яких факторів він залежить?
2. Які наслідки має занадто ранній КВЗ? Занадто пізній?
3. Яку роль виконує датчик детонації в системі керування КВЗ?
4. Як за допомогою сканера OBD-II перевіряють поточний КВЗ двигуна?
5. Яка різниця між системою DIS і системою COP? Яка є прогресивнішою і чому?

Контрольні питання

1. Яке призначення системи запалювання бензинового двигуна?
2. Що таке кут випередження запалювання і як він впливає на роботу двигуна?
3. Яким має бути іскровий проміжок свічки запалювання бензинового двигуна?
4. Назвіть ознаки несправної свічки запалювання за характером нагару.
5. Яку роль виконує датчик положення колінчастого вала в системі запалювання?
6. Що таке система COP і в чому її переваги над традиційною з розподільником?
7. Яке призначення датчика детонації і як він впливає на КВЗ?
8. Для чого у дизельному двигуні використовуються свічки розжарювання?

Рейтингова система балів по дисципліні «Енергетичні засоби в АПК»

Підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються).

Мінімальний пороговий рівень оцінки з освітнього компоненту складає 60 відсотків від максимально можливої кількості балів.

Здобувач вищої освіти може бути недопущеним до підсумкового оцінювання, якщо під час семестру він: не досяг мінімального порогового рівня оцінки тих результатів навчання, які не можуть бути оцінені під час підсумкового контролю; якщо під час семестру він набрав кількість балів, недостатню для отримання позитивної оцінки навіть у випадку досягнення ним на підсумковому контролі максимально можливого результату.

Оцінювання результатів навчання під час семестру включає оцінювання знань здобувача під час практичних занять, індивідуальної роботи, самостійної роботи і неформальної освіти.

Оцінювання знань здобувача під час практичних занять відбувається за такими критеріями: своєчасність та правильність виконання завдань практичної роботи; повнота і правильність відповіді під час усного опитування та інших передбачених форм контролю.

Під час оцінювання індивідуальної роботи здобувача враховується її вид, актуальність, правильність виконання.

Під час оцінювання робіт, які винесено на обов'язкове самостійне виконання, враховується своєчасність та правильність виконання самостійної роботи та розуміння змісту завдання і його вирішення.

Під час оцінювання результатів неформальної освіти здобувача враховується відповідність напряму та змісту тематики дисципліни, актуальність, документальне підтвердження участі у заході.

Здобувачі вищої освіти, що хворіли і мають відповідні довідки медичних установ або були відсутні з інших поважних причин і не могли брати участь у контрольних заходах, проходять контроль під час спеціально встановлених додаткових занять за узгодженням з викладачами за графіком, що розроблює деканат факультету.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти, та шкала оцінювання

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Зараховано
82-89	B	
75-81	C	
64-74	D	
60-63	E	
35-59	FX	Не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Список рекомендованої літератури

1. Лебедев А. Т., Шуляк М. Л., Зубко В. М., Лебедев С. А. Будова тракторів John Deere серії 6, 8, 9 : підручник. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2024. 210 с.
2. Мигаль В. Д., Шуляк М. Л., Шевченко І. О. Інтелектуальні системи тракторів і автомобілів, сервісний супровід : підручник. Харків : ДБТУ ; «Майдан», 2023. 246 с.
3. Зубко В. М. Агроінжиніринг : навчальний посібник. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2022. 468 с.
4. Кубіч В. І. Трансмісія колісних автомобілів і гусеничних машин : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. 408 с.
5. Будова автомобіля і трактора. Частина 1. (Загальна будова силового агрегату). Посібник до лабораторних робіт / уклад.: В.С. Люлька, Ю. Є. Перинський, М. М. Коньок, Л. М. Бивалькевич. Чернігів : НУЧК, 2025. 126 с.
6. Анісімов В. Ф., Біліченко В. В., Музичук В. І., Митко М. В. Автотракторні двигуни. Методи побудови теоретичних діаграм і характеристик : навчальний посібник. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2022. 225 с.
7. Srigiri D., Jayan P. R. A Textbook of Farm Machinery and Power Engineering. New Delhi : New India Publishing Agency, 2023. 152 p.
8. Gupta S. K. Elements of Farm Power and Machinery. New Delhi : Daya Publishing House, 2023. 552 p.
9. Renius K. Th. Fundamentals of Tractor Design. Cham : Springer, 2020. 287 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32804-7>.
10. Objective evaluation of gearshift process of agricultural tractors / M. Mattetti et al. *Biosystems Engineering*. 2022. Vol. 224. P. 324–335. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.11.001>

11. Zubiekhina-Khaiiat O., Hruban V., Lymar O., Marchenko D. Designing technologies for strengthening tractor and self-propelled machine parts in agricultural conditions. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2026. Vol. 30(1). P. 44-61. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2026.44>.

ЗМІСТ

Вступ	3
Пам'ятка по техніці безпеки	4
Практична робота №1	6
Практична робота №2	11
Практична робота №3	18
Практична робота №4	25
Практична робота №5	32
Практична робота №6	37
Практична робота №7	44
Практична робота №8	48
Практична робота №9	53
Рейтингова система оцінювання дисципліни	58
Список використаних джерел	60

Навчальне видання

ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ В АПК

Методичні рекомендації

Укладач:

Грубань Василь Анатолійович

Формат 60×84 1/16 Ум. друк. арк. ____.

Тираж ____ прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету.

54010, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013