



**Міністерство освіти і науки України**  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет мехатроніки та інжинірингу**



**Кафедра «Оптимізації технологічних систем в рослинництві»**

## **ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ** **СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Методичні вказівки**  
**до виконання практичних робіт**

**для здобувачів денної та заочної форм навчання**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності**  
**208 Агроінженерія**

**Харків**  
**2023**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет мехатроніки та інжинірингу  
Кафедра оптимізації технологічних систем в рослинництві

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт

для здобувачів денної та заочної форм навчання  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності  
208 Агроінженерія

Затверджено  
на засіданні кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві  
Протокол № 7 від 15.01.2023

Затверджено рішенням  
Науково-методичної  
ради факультету мехатроніки та інжинірингу  
Протокол № 5 від 16.01.2023

Харків  
2023

УДК 681.513.2(072)

П 32

Схвалено на засіданні кафедри  
Оптимізації технологічних систем в рослинництві  
Протокол № 7 від 15.01.2023

Рецензенти:

**В.М. Зубко**, доктор технічних наук, професор кафедри „Тракторів, автомобілів і експлуатації сільськогосподарських машин”, декан інженерно-технологічного факультету (Сумський національний аграрний університет)

**І.А. Шеченко**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри тракторів і автомобілів (Державний біотехнологічний університет)

П-32 Техніко-технологічний моніторинг сільськогосподарської техніки : метод. вказівки до виконання практ. робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заоч. форм навч. спец. 208 Агроінженерія ; Держ. біотехнол. ун-т ; уклад.: М,П. Артьомов, О.І. Анікєєв, О.Д. Калюжний. – Харків : [б. в.], 2023.– 34 с.

Методичні вказівки включають 6 практичних робіт та список літератури до них. Наведена методика самостійної підготовки до проведення моніторингу мобільних сільськогосподарських агрегатів, обробка результатів тягових випробувань, дорожніх випробувань, методика визначення динамічних параметрів мобільних енергетичних засобів, а також послідовності виконання практичних робіт навчального курсу «Техніко-технологічний моніторинг сільськогосподарської техніки».

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 208 Агроінженерія.

**УДК 681.513.2(072)**

Відповідальний за випуск: М. П. Артьомов, д-р техн. наук

© Артьомов М.П., Анікєєв О.І., Калюжний О.Д., 2023

© ДБТУ, 2023

## **ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

При виконанні лабораторних практичних робіт студент повинен знати суворо виконувати наступні основні правила техніки безпеки.

Під час заняття слід перебувати лише на своєму робочому місці. Не допускається самовільний перехід із одного місця ні інше.

При виконанні робіт використовуються тільки розмірні ключі та справний інструмент. Не слід застосовувати інструменти з несправною або неправильно заправленою робочою частиною, зі зламаними або погано насадженими рукоятками

Перед пуском двигуна перевіряють заправку охолоджувальною рідиною, маслом та паливом. Забороняється запуск двигуна за наявності підтікання палива, масла, рідини, що охолоджує, та інших спеціальних рідин. Сторонні предмети, що знаходяться на двигуні або поруч із ним, мають бути прибрані.

Пуск двигуна проводиться лише при підключенні до випускної труби пристрою для відведення відпрацьованих газів і вентиляції приміщення.

Не дозволяється знаходитися поблизу валів, що обертаються, маховиків, інших деталей, а також у площині їхнього обертання. Забороняється проводити регульовальні роботи на працюючому двигуні, стенді, установці, торкатися випускних колекторів і газовідвідних труб.

При технічному обслуговуванні (ТО) і ремонті вузлів паливної апаратури використовуються спеціальні пристосування та прилади під витяжною парасолькою при включеній системі вентиляції. При продуванні вузлів стисненим повітрям струмінь направляти від себе.

У лабораторії забороняється користуватись відкритим вогнем. При виникненні пожежі слід негайно поставити до відома викладача і вжити всіх заходів до гасіння наявними засобами

Виконання цих правил є обов'язковим для кожного студента. Студенти, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки до занять, не допускаються.

## Практична робота №1

### ФАКТОРИ, ІНДИКАТОРИ ТА ПОКАЗНИКИ В СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

**Цілі роботи:** вивчити фактори, показники та індикатори визначення основних параметрів в системі технічного моніторингу

**Обладнання та матеріали:** технічна література, каталоги сільськогосподарської техніки, комп'ютери, робочі зошити.

#### Теоретичний матеріал

На всіх етапах розвитку тракторів поряд з питанням обґрунтування типу трактора стояло питання визначення оптимальних значень ширини захвату і швидкості руху МТА. Тим не менш, як вважає І.П. Ксеневич: «Як у питаннях обґрунтування типу тракторів, так і в питаннях визначення оптимальних значень ширини захвату і швидкості руху є різні точки зору, і відсутній єдиний підхід до їх обґрунтування». У зв'язку з цим В.М. Болтинський зазначав: «Часом це, здавалося б, просте питання необґрунтовано ускладнюється і заплутується, тому назріла необхідність розібратися в ньому. Умовимося оптимальною робочою швидкістю вважати ту, при якій тяговий ККД трактора досягне максимального значення. Тягове зусилля при цій швидкості буде визначати клас трактора. При виконанні даним трактором, будь-якої операції оптимальна ширина буде та, при якій її опір відповідає тяговому класу. При цьому теоретична продуктивність в даних умовах буде найвища».

Крім продуктивності, робота МТА характеризується низкою інших показників. Товаровиробника цікавлять витрати праці, палива, грошових коштів, зручність управління, надійність техніки, трудомісткість обслуговування та низка інших показників. Показником, тобто величиною, яка за допомогою своєї кількісної міри показує нам приховані параметри системи («латентну величину»), який-небудь параметр системи стає таким в тому випадку, якщо ми маємо теорію або емпірично знайдене правило, яке пов'язує параметри системи з латентною величиною, що нас цікавить.

Ефективний – дає ефект (від лат. *effectus* – виконання), результат, наслідок яких-небудь причин, дій, що приводять до потрібних результатів. Звідси – ефективність, результативність. Мова йде про позитивну ефективність і позитивну результативність.

Розрізняють кілька груп показників: енергетичні, техніко - експлуатаційні, агротехнічні, естетико - ергономічні, техніко – економічні.

До енергетичних відносяться показники, що визначають витрати і використання енергії при виконанні механізованих процесів – тяговий і питомий опір знарядь, необхідна потужність на тягу і привід механізмів, коефіцієнт корисної дії. У сільськогосподарському виробництві найбільшого застосування отримали трактори 9 класів - з тяговим зусиллям 2; 6; 9; 14; 20; 30; 40; 50; 60 кН.(див.таб.)

Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН	Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН
0,2	От 1,8 до 5,4	3	Св. 27 до 36
0,6	Св. 5,4 до 8,1	4	Св. 36 до 45
0,9	Св. 8,1 до 12,6	5	Св. 45 до 54
1,4	Св. 12,6 до 18	6	Св. 54 до 72
2	Св. 18 до 27	8	Св. 72 до 108

Техніко-експлуатаційні показники – маневреність і керованість, надійність, безвідмовність, довговічність, експлуатаційна технологічність, ремонтпридатність, збереженість, універсальність.

Естетико-ергономічні показники визначають зручність роботи, легкість управління і обслуговування, санітарно-гігієнічні фактори.

Техніко-економічні показники включають продуктивність і затрати праці, паливну економічність (витрата палива в одиницю часу, на одиницю потужності або на одиницю виконаної роботи), матеріаломісткість, експлуатаційні витрати в одиницю часу, на одиницю виконаної роботи або отриманої продукції.

Виходить, що досить значна кількість показників та використання їх у якості критерію оптимізації ускладнить розрахунки. Питання, скільки має бути критеріїв оптимізації, залишається дискусійним. Використання системи показників як критеріїв оптимізації часто призводить до її неоднозначного вирішення. Існує стільки оптимальних рішень, скільки незалежних критеріїв оптимізації прийнято.

Критерій (від грец. *kriterion* - засіб для судження): ознака, на підставі якої проводиться оцінка, визначення або класифікація чого-небудь; мірило судження, оцінки.

Критерій оптимальності, ознака, на підставі якого проводиться порівняльна оцінка можливих рішень (альтернатив) і вибір найкращого.

Показники та критерії ефективності – родинні взаємопов'язані категорії. Тому часто вони вживаються як синоніми, що призводить до плутанини. Якщо показник – це число або поняття, який характеризує ефективність системи, то

критерій ефективності – це правило, яке дозволяє судити про ступінь досягнення системою поставленої мети, або про якість виконання функцій. Розглянемо схему на рисунку 1.1 і проаналізуємо її за вказаними зв'язками.

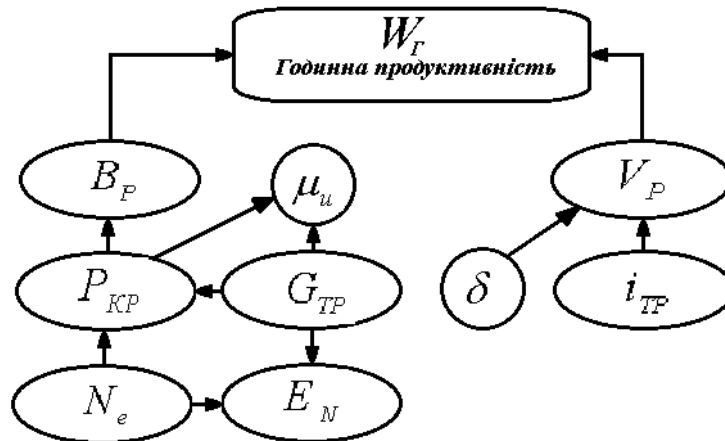


Рис.1.1 Схема впливу тягово-енергетичних параметрів на експлуатаційні показники ґрунтообробних агрегатів

Ширина захвату визначається тяговими можливостями трактора, тобто його крюковим зусиллям  $P_{кр}$ , яке в свою чергу залежить від ефективної потужності трактора  $N_e$  і стримується величиною експлуатаційної ваги  $G_{тр}$ , тому що, вага забезпечує необхідне зчеплення з ґрунтом, тим самим встановлюючи межу завантаження трактора

$$P_{кр} = \frac{0,159N_e\eta_M i_{ТР}}{r_K n_H} - G_{ТР}f - \frac{G_{ТР}i}{100}, \quad (1.1)$$

де  $\eta_M$  - механічний ККД трансмісії;

$r_K$  - радіус кочення, м;

$i_{ТР}$  - передатне число трансмісії;

$n_H$  - номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна,  $c^{-1}$ ;

$G_{ТР}$  – вага трактора, Н;

$f$  - коефіцієнт опору коченню трактора;

$i$  - нахил місцевості, %.

Коефіцієнт використання зчіпної ваги є параметром оцінки тягово-зчіпних властивостей орного агрегату і показує, на скільки оптимальним є співвідношення зчіпної ваги і зусилля на гаку

$$\mu_u = \frac{P_{КР}}{G_{СЦ}} \quad (1.2)$$

де  $G_{\text{сц}}$  - зчіпна вага трактора, кН (для гусеничного і колісного тракторів з формулою 4К4  $G_{\text{сц}} = G_{\text{ТР}}$ , а для 4К2 -  $G_{\text{сц}} = (2/3) G_{\text{ТР}}$ ).

На теперішній час основні вагові параметри більшості тракторів наблизилися до граничних значень, а за потужністю часто і перевищують їх та таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Порівняльна таблиця сільськогосподарських тракторів

ПОКАЗНИКИ	НОРМА	ТРАКТОРИ				
		ХТЗ-17221	Беларус-2022	John Deer 8340	Case IH Magnum305	New Holland T.8.330
$N_e$ кВт		128,7	156	246	220	241
$E$ , кВт/кН	1,76	1,48	2,2	1,81	1,85	1,88
$\eta_e$	0,75	0,78	0,86	0,86	0,77	0,89
$g_e$	220	261	230	257	237	257
$K$ , %	37	15	24	41,4	45,7	41,9
$P$ , кПа	140	160	155	175	170	172
$\$/кВт$		450,6	416,6	911,6	868,2	1106,6

### Приклад:

На основі технічних характеристик тракторів, що випускались для народного господарства ПАТ «Харківський тракторний завод» в різні роки було проведено моніторинг за потужністю і побудовано графік.

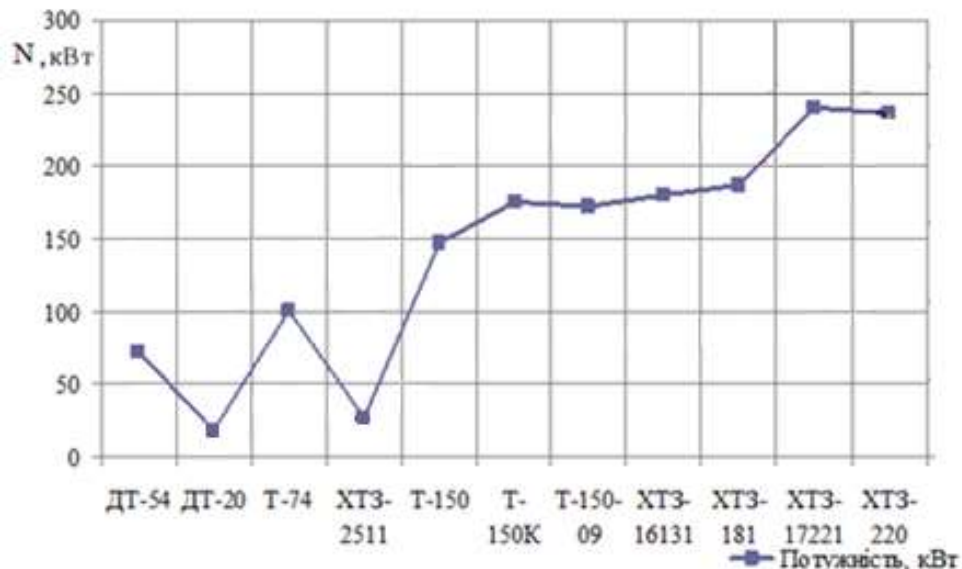


Рис. 1.2 Графік зміни потужності тракторів ПАТ «Харківський тракторний завод»



### **Зміст звіту.**

1. Використовуючи вільні дані з інтернету обрати фірму-виробника тракторів та провести моніторинг тракторів за потужністю.
2. Відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Технічний моніторинг – це ...?
2. Основний предмет технічного моніторингу – це ...?
3. Поясніть цілі та завдання технічного моніторингу.
4. Технічний стан об'єкта - це ...?
5. Моніторинг технічного стану об'єкта – це...?
6. Моніторинг параметрів – це ...?
7. Контроль технічного стану об'єкта – це ...?

<b>Варіант</b>	<b>Фірма-виробник</b>
<b>1</b>	<b>Claas.</b>
<b>2</b>	<b>ОАО «МТЗ»</b>
<b>3</b>	<b>John Deere</b>
<b>4</b>	<b>Case</b>
<b>5</b>	<b>New Holland</b>
<b>6</b>	<b>Caterpillar</b>
<b>7</b>	<b>Fendt</b>
<b>8</b>	<b>John Deere 8-R</b>
<b>9</b>	<b>Massey Ferguson</b>
<b>10</b>	<b>Valtra</b>

## Практична робота № 2

### ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІКИ ЗА ТЕХНІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

**Ціль роботи:** вивчити вплив номінальних характеристик двигуна енергетичного засобу на основі технічного моніторингу.

**Обладнання та матеріали:** технічна література, каталоги сільськогосподарської техніки, комп'ютери, робочі зошити.

#### Теоретичний матеріал

Завжди перед споживачами постає питання стосовно того що важливіше потужність, чи крутний момент?

Потужність демонструє кількість роботи, яку виконує двигун за проміжок часу, а крутний момент відображає здатність силового агрегату цю роботу виконати. Крутний момент, за своєю сутністю, відображає ту потужність, яка буде доступна на "неповних" оборотах двигуна, а просто при натисканні на газ при обгоні. І чим моменту більше, тим краще! Навіть і потужність на цих обертах буде вище. А чим більше потужності, тим більше енергії можна надати машині, тим краще динаміка розгону. Наприклад, прискорення машини в кожний момент часу при постійному передаточному відношенні трансмісії пропорційно крутному моменту.

Не вся потужність, що створюється двигуном (називається ефективною), витрачається на корисну роботу агрегату; значна її частина іде на подолання різних опорів. При рівномірному русі трактора ( $V_p = const$ ) частина потужності витрачається на подолання сил тертя в трансмісії трактора ( $N_{тр}$  - 12...14%), подолання підйому ( $N_{нід}$ ), самопересування трактора ( $N_{пер}$  - 10...22%), буксування рушіїв ( $N_{бук}$  - 5...7%) тощо. Решта ефективною потужності використовується на корисну роботу ( $N_{зак}$ ,  $N_{всп}$  - 52...66%). Крім цього потужність може втрачатись на приведення в дію гідروпідсилювача (2...6%) та на подолання опору повітря.

Для того щоб трактор мав можливість виконувати корисну роботу, ефективна потужність двигуна має дорівнювати сумі всіх потужностей, що витрачаються на подолання опору і втрат

$$N_e = N_{тр} + N_{б} + N_{пер} + N_{нід} + N_{зак} + N_{всп}, \quad (1)$$

Це рівняння називається рівнянням робочого балансу потужності при сталому русі трактора.

$M_{кр}$  передається від колеса через трансмісію до двигуна і його можна виразити наступним виразом

$$M_{кр} = M_{дв} i_{тр} \eta_{тр} \quad (2)$$

де  $M_{дв}$  - крутний момент двигуна;  
 $i_{тр}$  - передаточне число трансмісії;  
 $\eta_{тр}$  - к.к.д. трансмісії.

Крутний момент двигуна можна виразити через ефективну потужність двигуна ( $N_e$ ) і номінальну частоту обертання двигуна ( $n_n$ )

$$M_{дв} = \frac{10^4 N_e}{n_n}. \quad (3)$$

□ □ сил опору; Один із напрямків поліпшення властивостей енергомашин - це створення двигунів з оптимальною для сільськогосподарських робіт регуляторною характеристикою (двигун постійної потужності). Такі двигуни мають високий коефіцієнт пристосованості за крутним моментом в широкому діапазоні зміни частоти обертів колінчастого валу при майже постійній ефективній потужності.

Другим напрямком можна вважати забезпечення оптимального ступеня використання номінальної потужності двигуна. Суттєвого ефекту в цьому напрямку можна досягти за рахунок:

□ □ створення більш досконалих трансмісій, які забезпечують згладжування (вирівнювання) коливань;

- □ вирівнювання поверхні поля;
- □ усунення перешкод, збирання каміння;
- □ підвищення загальної культури землеробства;
- □ забезпечення високоякісного технічного обслуговування.

Підвищення показників експлуатаційних властивостей тракторів зводиться в основному до мінімізації непродуктивних втрат потужності в трансмісії, на буксування і на самопересування.

Досягнення вказаної мети можливо, якщо:

- □ зменшувати втрати потужності в трансмісії;
- □ зменшувати втрати потужності правильним з'єднанням с.-г. машин в агрегаті;
- □ застосовувати машини з активними робочими органами;
- □ поліпшувати зчіпні властивості трактора шляхом:
- □ застосування довантажувачів ведучих коліс (ДВК) - механічних і гідравлічних (ГЗВ);
- □ застосування раціональних розмірів шин і рисунка протектора;
- □ встановлення оптимального тиску в шинах;
- □ збільшення опорної поверхні ходової частини;

блокування диференціала ведучих коліс;

збільшення зчіпної ваги:

Для колісних тракторів з колісною формулою 4К4 і гусеничних тракторів  $G_{зч} = G_{тр}$ .

Для колісних тракторів з колісною формулою 4К2 зчіпною вагою є вага, що припадає на ведучі колеса. З урахуванням перерозподілу нормальних реакцій на колеса трактора під дією тягового опору, зчіпна вага для тракторів з колісною формулою 4К2 визначається за формулою

$$G_{зч} = 0,85 * G_e, \text{ кН,}$$

де  $G_e$  – експлуатаційна вага трактора в кг.

навішуванням додаткових вантажів;

заповненням шин рідиною.

Важливо також систематично підвищувати рівень підготовки механізаторів з метою ефективного використання нової техніки.

### Зміст звіту.

1. Використовуючи дані попередньої практичної роботи з фірми-виробника тракторів провести моніторинг тракторів за крутним моментом двигуна.
2. Побудувати графік моніторингу тракторів за крутним моментом двигуна.
3. Відповісти на контрольні питання.

### Контрольні питання:

1. Дайте характеристику умов руху машинно-тракторного агрегату.
2. Які складові частини рівняння руху агрегату?
3. Що таке потужносний баланс агрегату?
4. Дайте аналіз потужносного балансу агрегату.
5. Дайте характеристику показників динаміки транспортних агрегатів.
6. Як визначити зчіпну вагу трактора?
7. Як впливає зчіпна вага трактора на тягові властивості тракторів?

Варіант	Фірма-виробник
1	CLAAS

<b>2</b>	<b>OAO «MT3»</b>
<b>3</b>	<b>John Deere</b>
<b>4</b>	<b>CASE</b>
<b>5</b>	<b>New Holland</b>
<b>6</b>	<b>Caterpillar</b>
<b>7</b>	<b>Fendt</b>
<b>8</b>	<b>Kubota</b>
<b>9</b>	<b>Massey Ferguson</b>
<b>10</b>	<b>Valtra</b>

## Практична робота № 3

### МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ ТРАКТОРІВ ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ.

**Мета роботи:** провести розрахунок енергонасиченості тракторів та визначити найбільш ефективний трактор для виконання агротехнічних операцій.

**Обладнання та матеріали:** технічна література, каталоги сільськогосподарської техніки, комп'ютери, робочі зошити.

#### Теоретичний матеріал

Слід зауважити, що клас трактора та потужність його двигуна не пов'язані між собою. Взяти, наприклад, гусеничні трактори 3-го тягового класу: ДТ-54 мав потужність двигуна в 54 к.с.; потужність двигуна трактора того самого класу Т-74 зросла до 75 к.с., а двигун трактора Т-150 уже мав потужність у 150 к.с.

Загальновідомо, що зі збільшенням швидкості підвищується сила опору руху машинно-тракторного агрегата. Тому МТА на базі трактора Т-74 були більш економічними, ніж на базі трактора Т-150. Проте тоді все було у власності держави, особистих транспортних засобів на дизельному пальному не було, тож ніхто його не крав, і його ціна була найнижчою з усіх видів легких рідких палив.

До показників, за якими оцінюють ефективність застосування МТА, також належить питома продуктивність на один кіловат тягової потужності трактора, витрати енергії, палива та металу на одиницю виконаної роботи — тобто на гектар. Було вивчено питомі показники агрегатів із тракторами різної енергонасиченості тягових класів 14кН, 30кН та 50кН на оранці ґрунту 5-го класу на глибину 20–22, 25–27 і 30–32 см, культивуації на глибину 10–12 см і луценні стерні на глибину 8–10 см. В результаті аналізу даних визначено, що підвищення енергонасиченості тракторів поліпшує техніко-економічні показники МТА. Для енергонасичених тракторів тягового класу 14 кН продуктивність агрегатів на один кіловат тягової потужності трактора зменшується на оранці до 15,0%, тракторів тягового класу 30кН — до 14,5%, а класу 50кН - до 5,2%. Причому найбільших значень цей показник набуває за глибини обробітку 30–32 см. На культивуації та луценні всі досліджувані трактори з підвищеною енергонасиченістю показали незначне зниження — до 5%.

З підвищенням енергонасиченості тракторів зростають витрати механічної енергії, які приведені до одиниці продуктивності: на оранці тракторами тягового класу 14кН - до 18,3%, 30кН - до 12%, 50кН - до 5%. На культивуванні та луценні для всіх тракторів із підвищеною енергонасиченістю зростання витрат механічної енергії не перевищує 5%.

$$N_{\Pi} = \frac{N_H}{m_e}, \text{ кВт/т.} \quad (1)$$

де  $N_H$  - номінальна потужність двигуна трактора, кВт;

$m_e$  - експлуатаційна маса трактора, т.

На витрату палива впливають чинники, які залежать від конструкційних особливостей і технічного стану трактора й знаряддя, характеристики ДВЗ трактора та її узгодження з характером навантаження. Застосування тракторів з енергонасиченістю 17–19 кВт/т забезпечує зменшення витрати палива від 2 до 12% під час культивуванні, луцення й оранки.

Металомісткість агрегатів знижується за використання енергонасичених тракторів на оранці — на 5–19%, культивуванні та луценні — 19–25%.

$$q_M = \frac{m_K}{N_H}, \text{ кг/кВт.} \quad (2)$$

де  $N_H$  - номінальна потужність двигуна трактора, кВт;

$m_K$  - конструктивна маса трактора, кг.

В результаті цих досліджень визначено, що покращення питомих показників енергонасичених тракторів забезпечується запасом потужності двигуна. В наших характеристиках двигунів наведено лише один показник його економічності — це маса палива, яке витрачається на створення потужності в одну кінську силу (або кіловат) за одну годину. Мінімум цього показника припадає на режим роботи двигуна в режимі максимального крутного моменту, а не максимальної потужності. Такий режим характеризується частотою обертання колінчастого вала 1400-1700 хв<sup>-1</sup> та відсутністю запасу крутного моменту. Тому в такому режимі класичні дизельні двигуни не експлуатуються. Сучасні конструкції двигунів характеризуються значним запасом крутного моменту (замість традиційних радянських 15% у відомих брендів доходить до 55%). Такі характеристики



двигунів дозволяють рухатись на вищих передачах у трансмісії за меншої частоти обертання колінчастого валу.

В розвинутих країнах розширюється застосування енергонасичених тракторів, підвищуються робочі швидкості машинно-тракторних агрегатів. Так на посіві вони складають 9-10 км/год; на оранці 8-9 км/год; на збиранні сіна 12-15 км/год; на внесенні добрив 15 км/год (окремі – до 32 км/год). Відповідно, опір високошвидкісних і комбінованих машин при роботі також суттєво зростає. Для забезпечення якісного виконання технологічного процесу необхідне підвищене тягове зусилля, що потребує потужності двигуна трактора близько 40-45 к.с. на один метр захвату. Таким чином, для середнього господарства, що має 2-3 тис. га землі для отримання високих техніко-економічних показників використання енергозасобів в сучасних технологіях потрібен трактор потужністю 200-300 к.с.,

### **З усіх цих обґрунтувань можна дійти висновків:**

- обираючи трактор для комплектування машинно-тракторного агрегата, бажано зупинити свій вибір на моделі з більшою потужністю двигуна та трансмісією з більшою кількістю передач;
- якщо є запас потужності двигуна, то вмикати підвищену передачу в трансмісії, а важелем «газу» зменшувати частоту обертання колінчастого вала відповідно до технологічної швидкості агрегата;
- застосування у складі агрегатів тракторів з енергонасиченістю 17–19 кВт/т призводить до збільшення витрат механічної енергії на одиницю продуктивності на 5–17%, зменшення витрати палива та металомісткості на одиницю продуктивності відповідно на 2–12%.

### **Зміст звіту.**

1. Використовуючи дані попередньої практичної роботи з фірми-виробника тракторів провести моніторинг тракторів за енергонасиченістю і металомісткістю.
2. Побудувати графік моніторингу тракторів за енергонасиченістю і металомісткістю.
3. Відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання:**

1. Які чинники впливають на витрату палива в роботі машинно-тракторного агрегату?
2. Чим обумовлено збільшення попиту на застосування енергонасичених тракторів?
3. Проаналізуйте чому необхідно обирати трактор більшої потужності та з більшим числом передач в трансмісії.
4. В чому різниця між експлуатаційною масою і конструктивною масою, для визначення яких параметрів їх використовують?

<b>Варіант</b>	<b>Фірма-виробник</b>
<b>1</b>	<b>CLAAS</b>
<b>2</b>	<b>ОАО «МТЗ»</b>
<b>3</b>	<b>John Deere</b>
<b>4</b>	<b>CASE</b>
<b>5</b>	<b>New Holland</b>
<b>6</b>	<b>Caterpillar</b>
<b>7</b>	<b>Fendt</b>
<b>8</b>	<b>Kubota</b>
<b>9</b>	<b>Massey Ferguson</b>
<b>10</b>	<b>Valtra</b>

## Практична робота № 4

### ПОКАЗНИКИ МОНІТОРИНГУ ТРАНСМІСІЙ ТРАКТОРІВ ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ.

**Мета роботи:** провести моніторинг трансмісій тракторів та визначити вплив типу встановленої трансмісії на вартість питомої потужності двигуна.

**Обладнання та матеріали:** технічна література, каталоги сільськогосподарської техніки, комп'ютери, робочі зошити.

#### **Теоретичний матеріал**

Проблема забезпечення продукцією сільськогосподарського виробництва буде актуальною завжди, а, зважаючи на постійно зростаючу кількість населення планети і вичерпність земельних ресурсів може загостритись у майбутньому. Тому підвищення ефективності використання тракторної техніки і вимог до її функціональних властивостей обумовлюватиме науковий і практичний інтерес.

Основні технічні показники тракторів, що присутні на європейському ринку, майже щорічно публікуються в німецькому періодичному виданні [Agrarheute Traktoren 2018. URL: <https://www.agrarheute.com>]. Дані містять інформацію щодо показників двигуна, трансмісії, валу відбору потужності (ВВП), гідравлічної та навісної системи, ходової системи, маси, розмірів трактора, інших технічних показників та ціни в базовій комплектації. Оскільки ефективність сільськогосподарських тракторів крім продуктивності та потужності двигуна оцінюється його паливною економічністю, Німецьке сільськогосподарське товариство (DLG, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) публікує результати випробувань тракторів за процедурою PowerMix [DLG Test reports. URL: <https://www.dlg.org> >query-for-test-reports]. Тестування трактора за процедурою PowerMix передбачає випробування за 12 режимами, які імітують польові роботи в тяговому режимі, а також відбір потужності через ВВП і гідравлічну систему трактора.

Випробувальна лабораторія тракторів університету Небраски в США (University of Nebraska, Lincoln, Nebraska tractor test laboratory) також проводить всебічне тестування тракторів [Nebraska tractor test laboratory. Test reports. URL: <https://tractortestlab.unl.edu/testreports>]. Процедура випробувань здійснюється згідно стандарту для офіційних випробувань сільськогосподарських і лісогосподарських тракторів Організації економічного співробітництва і розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD). Випробування проводяться за відповідним протоколом [OECD standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance. CODE 2 – February 2019. URL:

<https://www.oecd.org/agriculture/tractors/codes/02-oecd-tractor-codes-code-02.pdf>] і містять широку інформацію щодо технічних показників трактора.

Для проведення аналізу вибірки трактори були поділені на три групи залежно від типу трансмісії. Аналізувалися трактори з синхронізованими трансмісіями, трансмісіями з перемиканням передач без розриву потоку потужності (Powershift) і безступінчастими гід्रोоб'ємно-механічними трансмісіями (CVT – continuously variable transmission). Для обраних груп тракторів аналізувалось співвідношення небаластованої маси трактора і номінальної потужності двигуна, яка визначалась за стандартами ECE-R24 або ISO TR14396. Це співвідношення дає змогу судити про рівень енергонасиченості сучасних тракторів. Так для повнопривідних колісних сільськогосподарських тракторів, що виконані за класичною компоновкою з передніми колесами меншого діаметру і автоматичним підключенням переднього мосту (MFWD – mechanical front wheel drive) рекомендується 120-145 lb/hp (120-145 фунтів на британську кінську силу), що відповідає енергонасиченості 11,6-14,0 кВт/т. Для тракторів з ведучими колесами однакового розміру (4WD – four wheel drive) рекомендується 85-125 lb/hp (85-125 фунтів на британську кінську силу), що відповідає енергонасиченості 13,4-19,7 кВт/кН. Однак, вказані значення енергонасиченості можуть досягатися при відповідному баластуванні трактора.

Доволі цікавими для аналізу є вартісні показники тракторів оскільки вони залежать, насамперед, від потужності двигуна, технічного рівня трактора і його оснащення додатковим обладнанням.

$$C_{\pi} = \frac{C_{\text{тр}}}{N_e} \quad (1)$$

де  $C_{\pi}$  – питома ціна(вартість) 1кВт потужності;

$C_{\text{тр}}$  – ціна трактора фірми-виробника, обраного для моніторингу;

$N_e$  – ефективна потужність двигуна трактора обраного для моніторингу.

За бажанням пропонується зробити моніторинг питомої витрати палива модельного ряду тракторів фірми-виробника.

### **Зміст звіту.**

1. Використовуючи вільні дані з інтернету обрати фірму-виробника тракторів та провести моніторинг тракторів за типом трансмісії.
2. Побудувати графік моніторингу залежності вартості кВт потужності двигуна від типу трансмісії.
3. Відповісти на контрольні питання.

#### **Контрольні питання:**

1. Особливості конструкції синхронізованих трансмісій, на яких тракторах їх встановлюють?
2. Які типи трансмісій використовуються на тракторах сучасних провідних фірм – виробників тракторів?
3. Зробіть висновок стосовно питомої вартості 1 кВт потужності двигуна трактора, і чи залежить вона від оснащення типу встановленої трансмісії?
4. Назвіть переваги трансмісії Powershift по відношенню до синхронізованої трансмісії.
5. В чому виражаються особливості використання на тракторах синхронізованої трансмісії.
6. Обґрунтуйте доцільність встановлення трансмісії CVT на тракторах збільшеної потужності.

Варіант обирається за останньою цифрою номера залікової книжки  
Приклад: 157 – 21 ; варіант – 7.

<b>Варіант</b>	<b>Фірма-виробник</b>
<b>1</b>	<b>CLAAS</b>
<b>2</b>	<b>ОАО «МТЗ»</b>
<b>3</b>	<b>John Deere</b>
<b>4</b>	<b>CASE</b>
<b>5</b>	<b>New Holland</b>
<b>6</b>	<b>Caterpillar</b>
<b>7</b>	<b>Fendt</b>
<b>8</b>	<b>Kubota</b>
<b>9</b>	<b>Massey Ferguson</b>
<b>10</b>	<b>Valtra</b>

## Практична робота № 5

### ПОКАЗНИКИ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ АГРЕГАТИВ.

**Мета роботи:** провести моніторинг ґрунтообробно-посівних агрегатів та визначити вплив опору знаряддя на ефективність роботи.

**Обладнання та матеріали:** технічна література, каталоги сільськогосподарської техніки, комп'ютери, робочі зошити.

#### **Теоретичний матеріал**

Проблема забезпечення продукцією сільськогосподарського виробництва буде актуальною завжди, а, зважаючи на постійно зростаючу кількість населення планети і вичерпність земельних ресурсів може загостритись у майбутньому. Тому підвищення ефективності використання тракторної техніки і вимог до її функціональних властивостей обумовлюватиме науковий і практичний інтерес.

#### **Посівний комплекс ESPRO 6000RC KUHN**

Сівалки ESPRO універсальні та багатофункціональні і мають робочу ширину від 3,00 до 8,00 м. Вони здатні працювати відразу після оранки, мінімальної обробки або безпосередньо з ґрунтом, що містить поживні залишки та задовольняють будь-які потреби з максимальною гнучкістю.

- 2 ряди дисків оброблюють ґрунт перемішуючи поживні рештки на глибину 5-8 см. Диски діаметром 460 мм та увігнутої форми гарантують якісну роботу.



Рис. 1 Посівний комплекс ESPRO 6000RC KUHN

- Висівна балка CROSSFLEX висіває на оптимальній глибині незважаючи на робочі умови та швидкість. Висівні модулі кріпляться на балку аналогічно кріпленню 2 батарей дисків – за допомогою 4 поліуретанових проставок, які працюють наче 4 пружини, копіюючи рельєф та неоднорідності на полі.

KUHN використовує сошник з подвійними зміщеними один до одного на 41мм дисками. Завдяки такому розташуванню диск як ніж ріже будь-які поживні залишки у ґрунті. При цьому спрацювання диску навіть до 32 мм не призводить до утворення зазору між дисками, що може бути забитий ґрунтом

Ущільнюючі колеса :

- Ø 900 мм для зниження опору коченню
- Колеса зміщені на 200 мм, що запобігає згібанню землі сівалкою і тим самим знижується споживання потужності трактора.
- Ширина колеса 210 мм, відстань між колесами 85 мм – вільне проходження рослинних решток крізь колеса.

Ущільнюючі колеса мають ідеальний прямокутний профіль, однаково добре ущільнюючи всю поверхню ширини колеса. Протектор коліс на сівалці є глибоким та гострим. Разом з гарним ущільненням на глибині, такий протектор добре розбиває та подрібнює грудки на поверхні які в подальшому ще будуть ущільнені прикочуючими котками сошників. Це гарантує що насіння буде не тільки посаджена в гарне посівне ложе, а і матиме якісний контакт з ґрунтом з усіх боків.

<b>Параметри</b>	<b>Величина</b>
Робоча ширина (м)	6
Транспортна ширина (м)	3
кількість рядків	40 (насіння). 20 (добриво)
Відстань між рядками (см)	15
Ємність бункера (л)	5500 (2200 semence / 3300 engrais)
Вага, кг)	9200
Швидкість руху (км / год)	від 7 до 17
Блок електронного управління	ISOBUS: CCI 1200 – CCI 50
Діаметр підготовчого диска (мм)	діаметр: 460 – товщина: 5
Кількість дисків	48
Кількість транспортних і притискних коліс	20
Розмір транспортних і прикочуючих коліс (мм)	900 x 210
Зсув транспортних і прикочуючих коліс (мм)	200
Потужність трактора (к.с.)	від 200 до 350

Розрахувати швидкість руху агрегату в залежності від потужності двигуна

$$V_{p \max} = \frac{(N_{ен} \eta_{ен} - N_{ен} / \eta_{всм}) \eta_{мг} \eta_{б}}{R_{мг} + G_{тр} (f \pm i / 100)} \quad (1)$$

де  $N_{ен}$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$\eta_{ен}$  - коефіцієнт використання номінальної потужності двигуна ( $\eta_{ен} = 0,9 \dots 0,95$ );

$N_{ввп}$ ,  $\eta_{ввп}$  - відповідно потужність на привід активних робочих органів, коефіцієнт використання потужності на привід активних робочих органів;

Потужність  $N_{ввп}$ , що витрачається на привід робочих органів (і активних рушіїв машин за їх наявності) машин (знаряддя) через ВВП, знаходять з виразу:

$$N_0 = N_{ввп} = 10^4 M_0 n_0 \quad (2)$$

де  $M_0$  – крутний момент, підведений до ВВП, Н·м;

$n_0$  – частота обертання валу, об/хв<sup>-1</sup>.

$$N_{пр.ввп} = \frac{N_{ввп}}{\eta_{ввп}} \quad (3)$$

$$\eta_{ввп} = \frac{N_{ввп}}{N_{пр.ввп}} \quad (4)$$

де:  $N_{пр.ввп}$  – потужність двигуна (частина потужності), спрямована на створення потужності на ВВП трактора, кВт;

$\eta_{ввп}$  – механічний ККД передачі енергії до ВВП,  $\eta_{ввп} = 0,95$ ;

$\eta_{мт}$  - коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора ( $\eta_{мт} \approx 0,78 \dots 0,82$ );

$\eta_{б}$  - коефіцієнт корисної дії буксування 0,8 ;

$R_{мг}$  - тяговий опір;

$G_{тр}$  = експлуатаційна вага трактора, кН ;

$f = 0,10$  - коефіцієнт опору коченню;

$i = 1$  - ухил місцевості;

Тяговий опір агрегату:

$$R_m = K_0 B_p + G_m (i / 100), \quad (5)$$

де  $K_0 = 4 \text{ кН / м}$  - питомий опір ґрунту при луценні ;

$B_p =$  - ширина захвату агрегату, м;

$G_m =$  - вага агрегату, кН.

Після визначення тягового опору розрахуємо максимально можливу швидкість агрегату по завантаженню двигуна:



$$V_{p \max} = \frac{(N_{ен} \eta_{ен} - N_{ен} / \eta_{вом}) \eta_{мг} \eta_{б}}{R_{мг} + G_{тр} (f \pm i / 100)}$$

Агротехнічна допустима швидкість при лущенні становить не більше  
В цьому випадку ефективна потужність на робочому режимі:

$$N_{ер} = [R_{мг} + G_{тр} (f \pm i / 100)] \cdot V_p / (\eta_{мг} \cdot \eta_{б}); \quad (6)$$

Фактичне значення коефіцієнта використання ефективної потужності на  
робочому режимі:

$$\eta_{Нер} = N_{ер} / N_{ен}; \quad (7)$$

### **Зміст звіту.**

1. Використовуючи вільні дані з інтернету обрати фірму-виробника тракторів та провести розрахунок можливої серії трактора для роботи в складі агрегату з ґрунтовообробно-посівним комплексом ESPRO 6000RC KUHN.
2. Відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання:**

1. Назвіть основні переваги посівного комплексу KUHN при виконанні посіву зернових культур.
2. Що таке тяговий опір знаряддя і навіщо його треба знати?
3. Як впливає зміна тягового опору посівного агрегату на робочу швидкість трактора?

## Практична робота № 6

### МОНІТОРИНГ ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

**Мета роботи:** провести моніторинг трансмісій тракторів та визначити вплив типу встановленої трансмісії на вартість питомої потужності двигуна.

**Обладнання та матеріали:** технічна література, каталоги сільськогосподарської техніки, комп'ютери, робочі зошити.

#### Теоретичний матеріал

Фундаментом агротехнологій є їх матеріально-технічна база, яка відповідає сучасному рівню розвитку науково-технічного прогресу, а технологічна основа стійкості формується зональними системами землеробства. Багатофакторність сільськогосподарського виробництва потребує того, щоб землеробство базувалось на досягненнях науки і техніки. Формування матеріально-технічної бази є безперервний процес наукового пізнання закономірностей природи для внесення корінних змін до засобів і методів виробництва. По відношенню до сільського господарства науково-технічний прогрес слід розглядати з двох точок зору:

**1. Технічний прогрес** - це подальше вдосконалення засобів виробництва для сільськогосподарського використання в сфері промисловості.

**2. Інтенсифікація сільського господарства** - це вдосконалення технології сільськогосподарського виробництва на сучасній індустріальній основі з використанням досягнень біологічної науки.

Науково-технічний прогрес йде двома шляхами:

**1. Еволюційний шлях** - це вдосконалення теперішньої техніки та технології, які забезпечують незначний ріст виробництва.

**2. Революційний шлях** - перехід до якісних високих технологій, які базуються на системі машин нового покоління, на регуляторах росту, інтенсивних сортах, ефективних засобах боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками і т.п.

Другий шлях (революційний) є більш кардинальним у підвищенні економічної ефективності виробництва. На всіх етапах розвитку агротехнологій, їх ефективність визначалась рівнем вдосконалення матеріально-технічної бази, яка безпосередньо впливала на саму технологію, організацію і ефективність виробництва. При сучасному рівні розвитку виробничих сил завдання подальшої інтенсифікації землеробства вимагає швидкого переходу до промислових методів виробництва. Механізація виробничих процесів при впровадженні агротехнологій є революційним елементом виробничих сил, що визначає саму технологію і організацію виробництва.

Механізовані засоби в значній мірі визначають ефективність агротехнологій шляхом виробництва комплексних систем машин, у яких засоби механізації окремих виробничих етапів чітко погоджені. Комплексна

механізація у землеробстві пропонує послідовне використання системи машин, механізмів, які дозволяють повністю замінити ручну працю машинами і забезпечують безперервну роботу. Система машин включає механізми, за допомогою яких проводять всі основні і додаткові процеси агротехнологій.

Головні принципи формування системи машин і механізмів для комплексної механізації вирощування культур базуються на основі:

- \* технологічних вимог для виконання робіт у найбільш сприятливих і коротких строках;

- \* врахування розмірів і конфігурації полів;

- \* наявності і стану доріг;

- \* розміщення машинних дворів;

- \* організації і кваліфікації кадрів у кожному конкретному підприємстві;

- \* окупності техніки, яка є важливим критерієм вибору машин.

Головним завданням механізації сільськогосподарського виробництва є забезпечення механізованого виконання всіх технологічних операцій з дотриманням вимог технологій в оптимальні агротехнічні строки з мінімально можливими затратами праці, матеріально-технічних та енергетичних ресурсів.

Технічне забезпечення агротехнологій повинно виконувати цілий ряд завдань:

- \* висока якість виконаних технологічних операцій при мові високої технологічної дисципліни;

- \* правильне внесення мінеральних і органічних добрив;

- \* забезпечення збереження і накопичення вологи шляхом суміщення і скорочення операцій (комбіновані агрегати).

Основним завданням технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва є задоволення потреб суспільства в достатній за обсягами та асортиментом, доступній за цінами, високоякісній продукції, створення комфортних умов праці, підтримання екологічної безпеки довкілля.

Метою проведення обробітку ґрунту є створення оптимальних умов проростання насіння та розвитку кореневої системи рослини протягом вегетації, що забезпечить формування максимального урожаю з високими показниками якості.

- **В сучасному землеробстві існує кілька основних систем обробітку ґрунту:**

- 1. традиційна з оборотом пласта,

- 2. мінімальна (Mini-till),

- 3. стрічкова (Strip-till)

- 4. нульова (No-till).

- Розглянемо детальніше кожен з них.

- *Традиційна система – передбачає проведення полицевої оранки з оборотом пласта, що створює чисту поверхню ріллі, рослинні рештки загортаються на глибину 20-30 см.*

**Переваги.** Створення комфортних умов передпосівним обробітком для дружного проростання насіння. Забезпечує хороший дренаж та розподіл мінеральних речовин в орному шарі. Відносно невисокий тиск на ґрунт польовими агрегатами, можливість внесення високих норм органічних та мінеральних добрив, оптимізація хімічного захисту рослин.

**Недоліки.** Створення щільної «плужної підшви», що перешкоджає проникненню в нижні шари води та ускладнений розвиток кореневої системи по глибині. Традиційний обробіток не рекомендований на ґрунтах, схильних до пересихання, вітрової та водної ерозії. Обов'язковим є періодичне глибоке рихлення (1 раз на 3-4 роки).

***Мінімальна (Mini-till) – передбачає поверхневий обробіток переважно дисковими знаряддями і рівномірне змішування рослинних решток з шаром ґрунту до 15-18 см.***

**Переваги.** Висока структурність верхнього шару ґрунту, накопичення органічної складової і гумусу, висока водо- і повітропроникність, сприяння швидкій мінералізації органічних решток. Можливе застосування високих норм мінеральних та органічних добрив і механічних обробітків протягом вегетації. Передбачає меншу затрату енергетичних та фінансових ресурсів.

**Недоліки.** Ущільнення ґрунтів після проходу важкої техніки, обмежене використання традиційних сівалок з малим тиском на сошник та «човниковим» типом. Вимагає передпосівного вирівнювання ґрунту та прикочування після посіву. Вертикальний обробіток – як і при традиційній технології.

***Стрічкова (Strip-till) система передбачає вертикальний обробіток смугами на глибину 15-17 см після збирання попередника. Посів проводиться восени чи навесні в оброблені смуги.***

**Переваги** – руйнування ущільнених шарів, однакові умови для всіх рослин в рядку, можливість посіву в перезволожені ґрунти і на поля з великою кількістю рослинних решток, збереження вологи в міжряддях, можливість внесення стрічково мінеральних добрив, в т.ч. безводного аміаку. Особливо актуальна на малородючих ґрунтах та з обмеженим орним шаром. Це «північний» варіант системи No-till.

**Недоліками** є стислі оптимальні строки внесення добрив восени, обмеженість використання старих традиційних сівалок, видалення рослинних решток із зони обробітку на міжряддя, обмежене внесення меліорантів (вапна та гіпсу) за один прохід. Вимагає більші затрати коштів на придбання спеціалізованої потужної техніки та обладнання, високі енергозатрати. Необхідна передумова запровадження системи Strip-till – вирівняти площі по

мікрорельєфу та кислотності. Необхідно слідкувати за ущільненням ґрунту по коліям трактора, особливо на вологих важких ґрунтах.

**Нульова (No-till) - передбачає посів у необроблений ґрунт спеціальними сівалками та відсутність інших механічних впливів на поле.**

**Перевагами** системи є мінімальна кількість проходів важких агрегатів по полю - менші енерго- та фінансові затрати на одиницю площі при вирощуванні. Під шаром рослинних решток довго зберігається зимовий запас вологи і обмежене випаровування при посухах. Запобігає всім видам ерозії ґрунту та надмірному перегріванню верхнього шару в періоди підвищених температур.

**Недоліками** No-till можна вважати обмеження в контролі шкідливої рослинності без механічного втручання, підвищений ризик епіфітотій грибкових хвороб (особливо грибів-сапрофітів) та шкідників, які зимують в рослинних рештках. Проведення ранніх посівів з весни обмежене, оскільки прогрівання та висихання верхнього шару ґрунту повільне із-за наявності шару рослинних решток, тому оптимальні строки посіву дуже короткі. Внесення високих норм мінеральних добрив обмежене – необхідно використовувати додатково спеціальну техніку. Вміст фосфору, калію та кислотність необхідно вирівняти до запровадження технології. Вимагає використання спеціальної посівної техніки з високим тиском сошника на ґрунт, що передбачає додаткові фінансові витрати. Використання вертикального обробітку ґрунту (глибокого рихлення) необхідне через 5-6 років, оскільки проходить істотне ущільнення по коліям важкої техніки. В посушливих степових районах сухі рослинні рештки на поверхні ґрунту можуть бути матеріалом для виникнення пожежі як до посіву, так і після нього.

#### **Порядок виконання роботи.**

Провести розрахунки тягового опору ґрунтообробних знарядь згідно методики та варіанту запропонованого викладачем.

Тяговий опір плуга. Горизонтальну складову  $R_x$  опору плуга при оранці В. П. Горячкін назвав тяговим опором і висловив її тричленом:

$$R_x = f_{\Pi}G + k_{\Pi}abn + \varepsilon abnV^2. \quad (1)$$

Перший доданок -  $f_{\Pi}G$  - опір перекочування опорних коліс плуга і тертя об дно і стінку борозни, пропорційне ваги  $G$  плуга.

Коефіцієнт пропорційності  $f_{\Pi}$  названий коефіцієнтом опору протягування. Силу  $f_{\Pi}G$  визначають протягуванням плуга у відкритій борозні. Значення коефіцієнта  $f_{\Pi}$  залежить від типу ґрунтів, їх агрофону, конструкції плугів і знаходиться в межах 0,4... 1,0.

Другий доданок -  $k_{II}abn$  - викликаний опором підрізуванню, руйнуванню і укладанню пласта в борозну. Дія цієї складової загального опору вважається корисною.

Коефіцієнт  $k_{II}$  оцінює питомий опір ґрунту, що визначається із співвідношення  $k_{II}=R_x/abn$ , де  $R_x$  - горизонтальна складова сили опору ґрунту при оранці плугом;  $a$  - глибина оранки;  $b$  - ширина захвату корпусу;  $n$  - число корпусів.

Силу  $R_x$  знаходять при динамометруванні (осцилографуванні) без урахування першого та третього доданків формули (1).

Величина  $k_{II}$  залежить від типу ґрунтів та ступеня їх освоєності. Так, для глинистих та дерново-підзолистих ґрунтів значення  $k_{II}$  у 2,3...2,6 рази більше, ніж для легкосуглинистих та супіщаних. При оранці після збирання зернових значення  $k_{II}$  на 10...20 % менше порівняно з обробітком трав'яного пласта.

Третій доданок -  $\varepsilon abnV^2$  - швидкісний опір, що залежить від кінематичної енергії, що надається ґрунтовим пластом. Ця складова не істотно впливає на корисну деформацію ґрунту. Коефіцієнт швидкісного опору залежить від типу ґрунтів, геометричних форм робочих поверхонь плужних корпусів. При швидкостях оранки до 5 км/год коефіцієнт  $\varepsilon$  незначно (2...3 %) змінює загальну силу  $R_x$

Зі збільшенням швидкості руху до 12 км/год опір плугів із традиційними корпусами суттєво зростає. Для оранки на швидкостях 12...15 км/год застосовують швидкісні робочі поверхні плужних корпусів, у яких зменшено значення коефіцієнта -  $\varepsilon$ .

Формула (1) виражає фізичну сутність взаємодії плуга з ґрунтом, але визначення сили  $R_x$  та її складових вимагає численних трудомістких експериментів, тому в практичних розрахунках широко застосовують спрощене вираження для тягового опору плуга

$$R_x = kabn, \quad (2)$$

де  $k$  - питомий опір плуга.

Значення  $k$  розраховують за формулою

$k = R_x/abn$ , виміряючи середній тяговий опір  $R_x$ , глибину оранки  $a$  і ширину  $bn$  захоплення плуга.

Коефіцієнт  $k$  відображає всі три складові тягового опору плуга, що входять до виразу (1). На величину  $k$  впливають технологічні властивості ґрунту, конструктивні параметри плуга та швидкість його руху. Залежно від коефіцієнта  $k$  ґрунти поділяють на легкі -  $k < 30$  кН/м<sup>2</sup>, середні - 30...50, середньоважкі - 50...70, важкі - 70...120 та дуже важкі -  $k > 120$  кН/м<sup>2</sup>.

### Приклад розрахунку:

Розрахунок тягового опору для плуга ПЛН-3-35

Визначається за такою формулою:

$$R_{пл} = R_1 + R_2 + R_3 \text{ Н};$$

де  $R_1$  - сума опорів тертя при пересуванні плуга в борозні.

$$R_1 = G_{пл} \cdot g \cdot f, \text{ Н};$$

де  $G_{пл}$  – маса плуга, кг (475);

$g$  - прискорення сили тяжіння,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$f$  - коефіцієнт тертя ґрунту об метал (0,3-0,4);

$$R_1 = 475 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 1398 \text{ Н.}$$

$R_2$  - опір ґрунту деформації при оранці.

$$R_2 = k_{п} \cdot a \cdot b \cdot n, \text{ Н};$$

де  $k_{п}$  - коефіцієнт питомого опору ґрунту (4,0),  $\text{Н/см}^2$ ;

$a$  – глибина оранки, см;

$b$  – ширина захоплення корпусу плуга, см;

$n$  – кількість корпусів, шт.;

$$R_2 = 4,0 \cdot 35 \cdot 20 \cdot 3 = 8400, \text{ Н.}$$

$R_3$  - опір, що виникає в результаті повідомлення кінетичної енергії частинками маси пласта при відкиданні вбік.

$$R_3 = e_0 \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2, \text{ Н};$$

де  $e_0$  - коефіцієнт динамічної пропорційності,  $1500\text{-}2000 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;

$V$  – робоча швидкість руху, м/с.

Для практичних розрахунків можна прийняти:

$$R_3 = 0,1 \cdot R_2;$$

$$R_3 = 0,1 \cdot 8400 = 840 \text{ Н.}$$

Загальний опір плуга становитиме

$$R_{пл} = 1398 + 8400 + 840 = 10638 \text{ Н.}$$

### Розрахунок тягового опору сівалки

Розрахунок проводиться за такою формулою:

$$R_{сів} = G_{сів} \cdot g \cdot f + R_{зош} \cdot n, \text{ Н};$$

де  $G_{сів}$  - маса сівалки, 400 кг;

$g$  - прискорення сили тяжіння,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$f$  - коефіцієнт тертя ґрунту про метал (0,3);

$R_{зош}$  - опір одного сошника (60) Н;

$n$  – кількість сошників, 5 шт.

$$R_{сів} = 400 \cdot 9,81 \cdot 0,3 + 60 \cdot 5 = 1477 \text{ Н}$$

## Розрахунок тягового опору для культиватора

Визначають за формулами:

а) при суцільному обробітку ґрунту:

$$R_{\text{доп}} = k \cdot B, \text{ Н};$$

де  $k$  - коефіцієнт питомого опору машини на 1 м ширини захвату (2000) Н/м;  
 $B$  – робоча ширина захоплення агрегату, м;

$$R_{\text{доп}} = 2000 \cdot 2 = 4000 \text{ Н}.$$

б) при міжрядному обробітку ґрунту:

$$R_{\text{доп}} = k \cdot (B - 2 \cdot e \cdot n_p), \text{ Н};$$

де  $k$  - коефіцієнт питомого опору машини на 1 м ширини захвату (2000) Н/м;  
 $B$  - ширина захоплення агрегату, м;

$e$  - величина захисної зони з кожної сторони ряду культур, м: при рядково-стрічкової схемі посіву  $e = 0,03-0,05$  м;

$n_p$  - число рядів культур, оброблюваних за один прохід, прим.

$$R_{\text{доп}} = 2000 \cdot (2 - 2 \cdot 0,04 \cdot 5) = 3200 \text{ Н}.$$

Питомий опір плугів при швидкості руху 5 км/год, кН/м<sup>2</sup>

Вид ґрунту	Агрофон	Механічний склад ґрунту			
		глинистий	важко-суглинистий	середньо-суглинистий	супіщений та легкосуглинистий
Чорноземи	Стерня озимих	68	49	35	25
	Багаторічні трави	86	57	45	31
	Цілина, переліг	90	71	52	39
Дерново-підзолисті	Стерня озимих	66	47	34	26
	Багаторічні трави	74	56	43	30
	Цілина, переліг	92	71	50	40
Каштанові	Стерня озимих	69	47	36	22
	Цілина, переліг	98	68	55	29
Засолені	Стерня озимих	–	82	73	65

### Контрольні питання.

1. Які основні шкідливі наслідки щодо оточуючого середовища можуть бути при механізованих технологіях вирощування сільськогосподарських культур?
2. Яким показником оцінюється тенденція розвитку технологій щодо їх екологічності?
3. Назвіть переваги прогресивних технологій землеробства перед традиційною.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Вольвач О. В. Агроекологічний моніторинг: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2011. – 118с.
2. І. Г. Цмоць, А. Є. Батюк, А. В. Яворський, Т. В. Теслюк / Система моніторингу технологічних процесів “розумного підприємства” // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Львів, 2018. – С.10 – 17.
3. О.Ю. Ребров, Б.І. Кальченко, В.М. Шевцов, М.Є. Якунін, К.С. Чепкий / Аналіз основних параметрів сучасних сільськогосподарських тракторів провідних світових виробників / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Автомобіле- та тракторобудування. Харків: ХПІ, 2020. – С.10 – 16.
4. Моніторинг та охорона земель. Конспект лекцій /В.О. Романко, В.Ю. Пересоляк, І.В. Калинич, Т.Б. Марухнич – Ужгород: УжНУ «Говерла», 2021. – 85 с.
5. Електронний ресурс: <https://jv-technoton.com/ru/>
6. Ю.Л. Морозов Структура и алгоритм мониторинга реализации машинных технологий высокой интенсивности для производства продукции растениеводства. / Научный журнал Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2014. Вып. 85. – С.5 – 16.
7. Науменко А.П. Теория и методы мониторинга и диагностики: Монография. – Омск: ОмГТУ, 2018. – 135 с.
8. Рома В.В. Степова О.В. Навчальний посібник «Моніторинг довкілля» Полтава: ПолтНТУ, 2016. – 117 с.
9. Аналіз господарської діяльності. Навчальний посібник / [за заг.ред. І.В.Сіменка, Т.Д.Косової] – К.: «Центр учбової літератури», 2013. – 384с.
10. Модель інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування технологічними процесами та об’єктами / О. В. Мнушка [та ін.] // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Інформатика та моделювання = Bulletin of the National Technical University "KhPI" Ser.: Information and Modeling : зб. наук. пр. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2021. – № 1 (5). – С. 99-114.
11. Електронний ресурс: <https://microtronic.com.ua/ru/svoj-chuzhoj>
12. Електронний ресурс: <https://www.skf.com/ua/products/condition-monitoring-systems>
13. Супутниковий GPS моніторинг сільськогосподарської техніки. Електронний ресурс: <https://transcontrol.com.ua/kontrol-avtoparku/agrarnij-sektor.html>
14. Моніторинг сільськогосподарської техніки Електронний ресурс: <https://jv-technoton.com/ru/resheniya/selskoe-hozyaistvo/>

Навчальне видання

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт

Укладачі:

**АРТЪОМОВ** Микола Прокопович,  
**АНІКСЄВ** Олександр Іванович  
**КАЛЮЖНИЙ** Олександр Дмитрович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. \_.

Наклад \_\_\_ пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44