

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**Інженерно-енергетичний факультет**

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і  
технічного сервісу

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**

курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «Бакалавр» напрям  
6.100102 «Процеси, машини та обладнання для АПВ» денної форми  
навчання

МИКОЛАЇВ  
2018

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від **26.04 2018 р., протокол №9**

Укладачі:

- Д. Д. Марченко – к.т.н., в. о. доцента кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.
- В. О. Артюх – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.
- О. О. Лимар – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- Г. О. Іванов – канд. техн. наук, професор кафедри загально-технічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет;
- В. С. Наливайко – канд. техн. наук, професор кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова.

## ЗМІСТ

	стор.
<b>Передмова</b> .....	4
1. <b>Лекція №1</b> .....	5
Технологічні процеси в рослинництві та їх машинне забезпечення	
2. <b>Лекція №2</b> .....	17
Розрахунковий метод визначення тягових параметрів тракторів	
3. <b>Лекція №3</b> .....	25
Оптимізація функціонування системи трактор робоча машина	
4. <b>Лекція №4</b> .....	33
Забезпечення раціонального складу і режиму роботи МА	
5. <b>Лекція №5</b> .....	56
Забезпечення максимальної продуктивності машинного агрегату	
6. <b>Лекція №6</b> .....	64
Кінематика машинного агрегату	
7. <b>Лекція №7</b> .....	74
Експлуатаційні витрати на роботу агрегатів	
8. <b>Лекція №8</b> .....	84
Екологічність використання машинних агрегатів	
9. <b>Шкала оцінок</b> .....	116
10. <b>Література</b> .....	117

## Передмова

У сучасному індустріально-розвинутому рослинництві майже всі технологічні операції механізовані і виконуються енергетичними засобами з набором машин та знарядь, а також окремими самохідними машинами.

Завдання інженера, інженерної служби в цілому, полягає в тому, щоб забезпечити високу якість роботи машин, для чого необхідне оптимальне комплектування агрегатів, тобто вибір машин певного рівня досконалості, ширини захвату, певної продуктивності і вартості, тощо. А це залежить від можливостей господарства, від умов і особливостей використання машин, від енергетичних засобів, від раціональних варіантів придбання, агрегування і застосування та функціонування сільськогосподарської техніки.

Особливу актуальність мають такі питання для сучасних різнотипних підприємств в сільському господарстві, з різними величинами посівних площ, з різними формами господарювання, коли часто фермер в одній особі повинен бути і інженером, і агрономом, і менеджером, і маркетологом.

Від ефективності використання машинно-тракторних агрегатів, і в цілому машинно-тракторного парку, залежить і кількість, і якість продукції, яка виробляється в господарстві, затрати ресурсів і коштів і, як кінцевий результат, економічне благополуччя підприємства і достаток його працівників.

Курс лекцій розроблений згідно з робочою програмою і складається із восьми лекцій і закінчується екзаменом.

Вклад укладачів в методичну розробку: Марченко Д. Д. – Передмова та Література

Артюх В. О. – Лекція №1 – №8

Лимар О. О. – Шкала оцінок

## Лекція №1

### Тема: ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИННИЦТВІ ТА ЇХ МАШИННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мета: Засвоїти визначення та напрям дисципліни

План:

1. Основні поняття та визначення, що використовуються в дисципліні "Експлуатація МТП".
  2. Класифікація МТА.
  3. Класифікації сучасних тракторів вітчизняного та зарубіжного виробництва.
  4. Умови використання транспортних засобів

#### **1. Основні поняття та визначення, що використовуються в дисципліні " Експлуатація МТП ".**

*Землеробство (рослинництво) - наука про використання і обробіток землі, про підвищення її родючості, про сільськогосподарські рослини та технології їх вирощування.*

Також під цим поняттям розуміють провідну галузь сільськогосподарського виробництва, яка вирощує культурні рослини, постачає населенню продукти харчування рослинного походження, корми для свійських тварин, а також сировину для харчової, легкої, фармацевтичної промисловості та ін.

*Сукупність послідовних технологічних операцій у виробництві сільськогосподарської продукції певної кількості і якості в галузі рослинництва називається технологією сільськогосподарського виробництва..*

*Технологія* взагалі (від грецького *techne* - мистецтво, ремесло, *logos* - вчення) - це сукупність знань про способи і засоби виконання виробничих процесів.

В сільському господарстві існує дві технології: *технологія виробництва сільськогосподарської продукції* (рослинництва, тваринництва і т.д.) та *технологія виробництва механізованих робіт.*

*Технологія виробництва сільськогосподарської продукції рослинництва* містить перелік і послідовність робіт, які необхідно виконувати при вирощуванні даної культури, використання визначених сортів та гібридів, вимоги до якості насіння та продукції, яка отримується, перелік технічних засобів для виконання таких робіт і та ін. Цими питаннями займаються агрономи.

*Технологія виробництва механізованих робіт* складається з вимог та правил: використання техніки ари виконанні окремих робіт

машинами на протязі всього циклу вирощування та збирання урожаю. Такі проблеми вирішують інженери механіки. Ці питання розглядає така дисципліна, як " Експлуатація МіО ", а саме:

- а) комплектування машинних агрегатів;
- б) визначення способу руху агрегату;
- в) розрахунок продуктивності агрегатів;
- г) витрати праці при виконанні технологічних операцій;
- д) витрати палива при експлуатації мобільних агрегатів;
- є) витрати грошових коштів для виконання польових механізованих робіт;
- ж) розрахунок складових часу рейсу транспортних агрегатів;
- з) складання операційної карти на виконання механізованих робіт в рослинництві.
- к) складання технологічної карти на вирощування сільськогосподарської культури;
- л) основи технічного та технічного обслуговування агрегатів;
- м) функції інженерної служби сільськогосподарського підприємства та способи оптимальної її організації та управління.

*Технологічний процес в рослинництві* - сукупність дій спрямованих на обробку або переробку матеріалу за допомогою робочих органів машин з метою зміни його властивостей до бажаного стану, і характеризується трьома елементами:

- матеріалом, в якому вони відбуваються;
- робочими або допоміжними органами, що діють на матеріал;
- енергією, що підводиться до робочих органів для подолання опору оброблюваного матеріалу.

Таким чином, технологічний процес - це комплекс робіт по вирощуванню та збиранню сільськогосподарської культури.

Технологічний процес вирощування та збирання визначеної сільськогосподарської представлений в *технологічній карті* даної культури.

*Технологічна карта виробництва сільськогосподарської культури* - це нормативний документ, в якому зазначені всі *технологічні операції*, які необхідно виконати щоб отримати кінцевий результат урожай даної культури визначеної кількості і потрібної якості. По кожній технологічній операції представлені обсяги, агротехнологічні терміни виконання, технічні засоби виконання (трактори, машини, знаряддя), їх кількість; потреба в людських ресурсах та технологічних матеріалів (добрив, насіння, пестицидів), а також розрахунки витрат: палива, праці, грошових коштів.

*Технологічна операція в рослинництві* - це частина технологічного процесу (окремий вид роботи), що виконується на одному робочому місці (на одному полі) в певний час (агротехнічний строк).

Технологічні операції поділяють на:

- основні - (роботи по основному та передпосівному обробітку ґрунту);
- допоміжні (підготовка розчинів для обприскування, насіння до сівби і т. інше);
- спеціальні (сівба, посадка, внесення добрив, збирання сільськогосподарських культур і т. ін.);
- транспортні та вантажно-розвантажувальні.

*Основна технологічна операція* - дія або сукупність дій, спрямованих на зміну положення або властивостей оброблюваного матеріалу, продукту чи середовища, і характеризується об'єктом виробництва, обладнанням і виконавцями.

*Допоміжна операція* - дія або сукупність дій спрямованих на полегшення, поліпшення чи забезпечення виконання основної операції.

*Спеціальні технологічні операції* - роботи, які виконуються при вирощуванні однієї визначеної сільськогосподарської культури певним сільськогосподарським знаряддям.

*Технологічними засобами* виконання технологічної операції в рослинництві є відповідні сільськогосподарські машини, обладнання та знаряддя, енергетичні засоби, у якості яких використовують трактори сільськогосподарського призначення та самохідна сільськогосподарська техніка.

*Технологічний комплекс машин* - система машин, що складається із спеціальних самохідних, начіпних або причіпних машин, які використовують протягом річного циклу робіт вирощування певної культури.

За допомогою технічних засобів - *машинних агрегатів (МА)* або *машинно-тракторних агрегатів (МТА)*, проводяться роботи для здійснення технологічних операцій.

*Машинний сільськогосподарський агрегат (МА)* - технічна система, що складаються із джерела енергії та однієї або кількох машин (знарядь), з'єднаних пристроями, силовими приводами, електро-, пневмо- і гідро комунікаціями систем керування, регулювання та контролю, і призначена для виконання механізованих виробничих операцій.

*Машинно-тракторний агрегат (МТА)* - сполучення мобільних машин із джерелами енергії передавальними та допоміжними пристроями.

*Робоча частіша машинно-тракторного агрегату* складається із сільськогосподарських машини або кількох машин, або кількох видів машин), зчіпки і додаткового обладнання.

*Податкове обладнання МТА* - обладнання та пристрої, що полегшують керування і поліпшують якість роботи агрегату.

*Зчіпка* - обладнання, призначене для з'єднання кількох сільськогосподарських машин із джерелами енергії в агрегаті.

*Якість виконання технологічних операцій* характеризується окремими показниками чи їх сукупністю, які вказують на рівень відповідності виконаної роботи певним вимогам в залежності від технологічних умов.

Найбільш досконалим, інтегрованим показником якості роботи сільськогосподарських машин є *коефіцієнт реалізації біопотенціалу* культурних рослин, який визначається як відношення фактичної врожайності певного сорту певної культури до найвищої можливої, яку визначено при сортовипробуванні. Для визначення таких величин по якості необхідно мати перевідні коефіцієнти абсолютних показників якості (глибина, рівномірність, збереженість тощо) до величин реалізації біопотенціалу в залежності від абсолютних показників.

*Технологічні умови роботи* сільськогосподарських машин, знарядь включають *технологічні показники* (грунту, рослин тощо), у відповідність до яких проводиться *вибір, комплектування і технологічна наладка технічних засобів, їх робочих органів*.

Із визначення технологічних умов та якості роботи сільськогосподарської техніки складається *агрооцінка*. Агрооцінку проводять в порівнянні з *агровимогами* до машин, до технологічних операцій, які виконують ці машини.

Комплекс організаційно-технічних умов, від яких залежить вибір технології і техніки для виконання технологічної операції, технологічного процесу називається *технологічною ситуацією при виробництві рослинної продукції*

На технологічний процес впливає ряд факторів, які можна об'єднати в кілька груп

- *природно-кліматичні фактори* - це кількість фотосинтетичної активної радіації (ФАР) і опадів, природні різновиди ґрунту за механічним складом і щільністю, кількість в ньому гумусу, рельєфу місцевості, засміченість кущами, камінням та ін. перешкодами;

- *біологічні фактори* — це біологічні властивості сільськогосподарських рослин і тривалість фаз розвитку, вегетаційного періоду в цілому, співвідношення основної і побічної продукції,



фізіологічні особливості рослин (озимі, ярі і г. ін.);

- *технологічні фактори*: якість виконання попередньої операції, вологість щільність, питомий опір, забур'яненість ґрунту, його структурний і механічний склад, розмірні характеристики культурних рослин, їх опір на зношування, зрізування, і на відрив, полеглість, дози внесення дорив, пестицидів, висота зрізування і т. ін.;

- *технічні фактори* складають: експлуатаційну надійність, потужність, тягове зусилля, габаритні розміри, ширину захвату, радіус повороту, колію, масу, годинні та питомі витрати палива, кількість передач і інтервал швидкостей, маневреність, тип робочих органів, місткість баків, висоту зрізування, ступінь подрібнення і очищення, втрати зерна;

- *енергетичні фактори* включають енергетичні еквіваленти тракторів, сільськогосподарських машин, додаткового обладнання, сільськогосподарської продукції, паливно-мастильних і інших матеріалів;

- *економічні фактори*: це відрахування на податки, на амортизацію, оплата за кредит, страхування, зберігання, зарплата, вартість технологічних матеріалів, ремонту, технічного і технологічного обслуговування, ринкова вартість (ціна) виробленої продукції тощо.

- *людські та соціальні фактори* характеризуються рівнем кваліфікації і виконавчої дисципліни працівників, фірмами власності підприємства, кредитування, договірними відношеннями, інфраструктурою технологічного, технічного, побутового обслуговування, загальножиттєвим рівнем, тощо.

## **2. Класифікація МТА**

Машинні сільськогосподарські агрегати на відміну від техніки, яка працює в приміщенні на стаціонарі, обумовлюються рядом особливостей, їх застосування:

1) переважна більшість сільськогосподарської техніки потребує переміщення, під відкритим небом, контактуючи з ґрунтом і рослинами, які змінюються в залежності від погодних умов, тощо;

2) виробничі процеси, операції в рослинництві виконуються у певні, агростроки, які пов'язані з природно-кліматичними умовами, фазами розвитку рослин і їх біологічними, особливостями. В результаті машинні сільськогосподарські агрегати використовують у різних природно-кліматичних умовах - від засушливих Степів до вологого Полісся, а також при зрошенні, при досить широкому діапазоні

температур - від 30...40<sup>0</sup> С влітку до -30<sup>0</sup> С взимку.

Строки використання більшості сільськогосподарських машин від кількох десятків до кількох сотень годин на рік при річному фонду часу в кілька тисяч годин. Якість роботи машин залежить від складу агрегату, від стану ґрунтів, опадів, стану рослинності

*Агрегати розподіляють за експлуатаційними ознаками на кілька груп:*

а) призначенням виконанню технологічної операції - для оранки, сівби, збирання, транспортування і т. ін.;

б) за способом виконання робіт - стаціонарні і мобільні;

в) за характером джерела енергії - з тепловим двигуном та електричним;

г) за розміщенням робочих органів відносно поздовжньої осі симетричні та асиметричні;

д) за кількістю машинних знарядь в агрегаті - одномашинні і багатомашинні;

е) за кількістю одночасно виконуваних операцій - прості, складні, комбіновані;

ж) за способом з'єднаня® з трактором - причіпні, начіпні та напівначіпні;

за способом приведення в дію робочих органів машин - з приводом від ВВП трактора, від опорно-ходових коліс і від власного двигуна;

і) за способом розвантаження зібраного врожаю - бункерні, кузовні з причепом чи з супроводженням транспортним засобом.

### **3. Класифікації сучасних тракторів вітчизняного та зарубіжного виробництва**

Сучасні трактори вітчизняного виробництва сільськогосподарського призначення класифікують;

- за призначенням - загального призначення, універсально-просапні, спеціальні;

- за типом рушія - гусеничні та колісні;

- за тяговим зусиллям - 10 класів.

Тягові показники тракторів є одним із важливіших нормоутворюючих факторів, що визначають енергетичну спроможність використання тракторів в конкретних ґрунтових умовах.

Показники енергетичних властивостей визначають ж на підставі *дослідного* методу, так і *розрахункового* методу.

*Дослідний* метод полягає у проведенні тягових випробувань згідно з ГОСТом 7057-81. Для чого встановлюють зв'язок між тяговими

властивостями МТА та умовами роботи, тільки після цього можна використовувати результати тягових випробувань при нормуванні механізованих робіт. По Даним випробувань будують **тягову характеристику трактора**.

**Тягова характеристика трактора** - це залежність тягової потужності ( $N_m$ ) робочої швидкості ( $V_p$ ), годинної витрати палива ( $G_m$ ), питомої витрати палива ( $q_e$ ) і буксування ( $\delta$ ) від зміни тягового зусилля ( $P_m$ )

*Теоретичні тягові характеристики доцільно будувати лише для перспективних тракторів, які тільки проектується. Вони являються прогнозними.*

Раціональною вважається така тягова характеристика, у якій максимум тягової потужності знаходиться посередині між існуючими передачами. Лінія, яка з'єднує максимальні значення тягової потужності на різних передачах, утворює *потенційну характеристику*.

Таким чином, для кожного трактора і конкретних умов роботи існує тільки одне значення  $P_m$ , при якому він в змозі працювати з максимальною ефективністю (з мінімальними непродуктивними затратами потужності).

Принцип тягових класів закладений в основу побудови типорозмірного ряду тракторів (табл. 1.1 1.3). Кожному тяговому класу відповідає певне **номінальне тягове зусилля** (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Класифікація сільськогосподарських факторів  
за тяговим зусиллям ГОСТ 27021-86

Тяговий клас	0,2	0,6	0,9	1,4	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
Номінальне тягове зусилля	2	6	9	14	20	30	40	50	60	80
Діапазон тягових зусиль $P_m$ , кН	1,8- 5,4	5,4- 8,1	8,1- 12,6	12,6 - 18	18- 27	27- 36	36- 45	45- 54	54- 72	72- 108

**Номінальне тягове зусилля** сільськогосподарського трактора - це зусилля, яке трактор розвиває на стерні середньої щільності і нормальної вологості ґрунту (від 8 до 18%) в зоні максимального значення тягового ККД, маючи експлуатаційну масу, яка встановлена в технічній характеристиці, при цьому коефіцієнт буксування не перевищує 18% - для колісних тракторів (4x2), 16% - (4x4) і для гусеничних тракторів. Для тракторів, які використовуються в промисловості, номінальне тягове зусилля визначається як граничне

максимальне тягове зусилля по умовам зчеплення з ґрунтом.

Таким чином, номінальне тягове зусилля для сільськогосподарських тракторів встановлюють в зоні максимальних значень тягового ККД

( $\eta_{max} = N_{max}/N_{en}$ ), а для факторів які використовуються в промисловості в зоні *максимальних тягових зусиль* ( $P_{max}$ ).

На тяговій характеристиці тягова потужність являється основним параметром, по максимальному значенню якого визначають нормальну силу тяги ( $P_{тнорм}$ ), яка може співпадати (лише при роботі на щільних ґрунтах), але не обов'язково, з номінальною силою тяги ( $P_{тн}$ ) (яка відповідає номінальній частоті обертання колінчастого вала).

Таблиця 1.2

Міжнародна класифікація до тяговій потужності  
(ISO 730/1 -77; 730/2-79; 730/3-82)

Категорія трактора	1	2	3	4
Максимальна тягова потужність ( $N_{max}$ ), кВт	35	30-75	70-135	135-300

Оскільки робочі швидкості МА на найбільш енергоємних технологічних операціях співпадають за своїм рівнем як в нашій країні, так і в інших країнах, то класифікації можна порівняти між собою (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Співвідношення між тяговими класами за ГОСТ і категоріями тракторів, які встановлені міжнародними стандартами ISO

Тяговий клас по ГОСТ	0,2-0,6	0,6-0,9	0,9-2,0	2,0-4,0	5,0-8,0
Категорія по ISO	1		2	3	4

Кожен тяговий клас складається з одної *основної (базової)* моделі трактора і декількох її *різновидів (модифікацій)*. Модифікації в основному створені і використовуються для виконання спеціальних сільськогосподарських операцій (табл. 1.4)

Таблиця 1.4

Відповідність моделей тракторів тяговим класам

Тяговий клас	0,2	0,6	0,9	1,4	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Модель трактора	МК-132	МТЗ-320	ХТЗ-2510	МТЗ-892	МТЗ-920	ХТЗ – 17221 МТЗ-2022	ХТЗ-243	МТЗ-2522 МТЗ-3022	МТЗ-3522

#### **4. Умови використання транспортних засобів**

##### **4.1. Особливості доріг та їх класифікацій**

Транспортні операції в сільському господарстві виконують автомобілями, тракторами, самохідними шасі і живою тяговою силою.

Умови роботи транспортних засобів у сільськогосподарському виробництві, характеризують такі особливості:

- розосередження вантажів і місць їх доставки на значній території;
- сезонна нерівномірність перевезень;
- різнодоріжжя - від асфальту до бездоріжжя;
- різноманітність вантажів за об'ємною масою, габаритними розмірами, станом; властивостями тощо;
- складність організації раціональних перевезень (випадки перевезення вантажу тільки в одному напрямку);
- терміновість перевезень.

Все це накладає певне обмеження на вибір типу транспортного засобу,

Вибираючи тип транспорту слід враховувати відстань перевезень, об'ємну масу вантажів, зручність виконання вантажно-розвантажувальних робіт, строки перевезень, стан Доріг тощо.

Дорожні умови в значній мірі обумовлюють ефективність використання транспортних засобів, повноту реалізації транспортного процесу.

##### ***Дороги класифікують:***

- по адміністративному признаку,
- по пропускній здатності;
- за ознаками для нормування робіт.

За адміністративною ознакою дорога розподіляються на загальнодержавні, обласні, районні, сільські, місцевого сільськогосподарського призначення.

Дороги характеризуються пропускною здатністю,

середньодобовою інтенсивністю руху, шириною проїзної частини, допустимими, швидкостями руху.

Для того щоб дороги не руйнувались, встановлені граничні норми навантаження на кожен вісь транспортного засобу і граничні норми загальної його ваги.

При нормуванні тракторно-транспортних робіт в сільськогосподарському виробництві дороги розподіляють на три групи.

До *першої групи* віднесено звичайні ґрунтові дороги в хорошому стані (сухі), дороги з твердим покриттям та снігові укочені.

До *другої* - гравійні (розбиті), ґрунтові (роз'їджені, вологі), задернілі і ґрунти, стерня зернових в суху погоду.

До *третьої* — розбиті Дороги з глибокою колією, бездоріжжя у весняну відлигу, засніжена цілина, сипкі піски, вогкі луки, поле після коренебульбоплодів, зоране поле нормальної вологості.

#### 4.2. Класифікація сільськогосподарських вантажів

В класифікації відображені такі властивості вантажу, які враховують особливості його перевезення і зберігання.

Вантажі класифікують:

- за фізико-механічними властивостями;
- способами застосування механізмів для завантаження-розвантаження;
- умовами перевезення і використання номінальної вантажності транспортних засобів.

За фізико-механічними властивостями вантажі поділяються на тверді, рідкі і газоподібні.

По ступеню небезпечності вантажі ділять на сім груп:

- малонебезпечні будматеріали, харчові продукти, промислові товари);
- небезпечні по своїм розмірами;
- небезпечні пекучі (асфальт, бітум);
- небезпечні, які утворюють пил (цемент, вапно т. ін.);
- небезпечні горючі (бензин, керосин, кислоти, хімікати);
- особливо небезпечні (отруйні, вибухові);
- балони із стисненим газом.

По розмірам вантажі, можуть бути великогабаритними і такими, що по своїм габаритам можуть бути допущені для вивезення по дорогах загального користування.

Допустимі максимальні габарити наступні:

- по ширині - 2,5м;
- по висоті - 4м (разом з автомобілем);

- по довжині дорівнюють довжині автомобіля плюс 2 м провису за межі заднього борту кузова.

По масі одного штучного місця вантажі розподіляють на легковагові (з малою масою при значному об'ємі), на штучні нормальної маси (до 250 кг), підвищеної маси (понад 259 кг) і гучні великовагові з неподільною масою 30т і більше.

За способами застосування механізмів для завантаження і вантаження

вантажі поділяють:

- на штучні;
- насипні;
- навалочні;
- наливні і т. ін.

По виду тари вантажі поділяють на тарні і безтарні. При перевезенні затареного вантажу користуються двома визначеннями маси: нетто (чиста маса самого вантажу і брутто (маса вантажу разом з тарою).

Сільськогосподарські вантажоперевезення різняться між собою також і по специфічним властивостям:

- сезонність перевезень, яка залежить від агротехнічних строків збирання врожаю;
- нерівномірність вантажопотоків у зв'язку із розташуванням культур по зонам сприятливого їх вирощування;
- нерівномірність вантажопотоків навіть одного виду сільськогосподарської продукції по причині залежності від, природно-кліматичних умов;
- терміновість перевезень таких вантажів, які швидко псуються;
- необхідність використання спеціалізованого транспорту для живих тварин і антисанітарних вантажів (нечистоти, сміття).

Найбільший вантажообіг у господарствах Південного степу припадає на першу половину липня (зерно) та на середину серпня (кукурудза на силос); у Лісостепу - на другу половину серпня (кукурудза на силос) та на вересень і першу половину жовтня (цукровий буряк); у господарствах Полісся - на другу половину серпня (кукурудза на силос) та на другу половину вересня (картопля).

Для всіх сільськогосподарських вантажів основною фізичною властивістю являється об'ємна маса, від якої залежить використання вантажності транспортного засобу, а для сипких вантажів - кут природного від косу, який зумовлює конструкцію кузова і способи механізації процесу завантаження-розвантаження.

По умовам використання вантажності автомобіля вантажі розподіляються на чотири класи по ступеню використання вантажності. До першого класу відносяться вантажі з коефіцієнтом можливого використання вантажності  $a = 1$ ; до другого –  $a = 0,99...0,71$ ; до третього –  $a = 0,70...0,51$ ; до четвертого -  $a = 0,50...0,41$ . Таким чином, коефіцієнт використання вантажності залежить від класу вантажу, його затареності (упаковки), розмірів кузова і вантажності автомобіля. Для повнішого використання вантажності транспортних засобів на перевезенні матеріалів з малою об'ємною масою обладнують борти платформи надставними бортами.

Питома вага тракторного транспорту на внутрішньогосподарських перевезеннях становить 50...60%, автомобільного - 40...45% і гужового - до 5%. Поза господарські перевезення в основному виконуються автомобілями (понад 70%), а решта - тракторним транспортом.

### **Контрольні питання**

1. Що таке Машинно-тракторний агрегат?
2. Як класифікують сучасні трактора?
3. Дайте класифікацію вантажам.
4. Дайте класифікацію дорогам.

1. Гавриш В.І. Основи теорії розрахунку мобільних енергетичних засобів: навчальний посібник / В.І. Гавриш, О.В. Бондаренко. – Миколаїв: МДАУ, 2011. – 284с.

2. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. / Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 288с.



## Лекція №2

### Тема: РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАКТОРІВ

Мета: Засвоїти методику визначення сили тяги трактора та втрат потужності

#### План:

1. Методика визначення сили тяги трактора
2. Методика визначення балансу потужності та його складових
3. Поліпшення тягових властивостей факторів

#### 1. Методика визначення сили тяги трактора

Сила тяги ( $P_m$ ) визначається з рівняння силового балансу для рівномірного руху:

$$P_{руш} - P_m - P_f \pm P_a = 0 \quad (2.1)$$

Розрахунок складових балансу сил виконується в наступній послідовності:

1. Рушійна сила має подвійну природу виникнення, з одної сторони (вона обмежується дотичною силою тяги ( $P_d$ ) яка утворюється двигуном, а з іншого боку - силою зчеплення ( $F_3$ ) рушіїв трактора з ґрунтом.

Визначитися з тим, яка з двох сил  $P_d$  чи  $F_3$  є рушійною в конкретних умовах, допоможе графік балансу сил, для чого виконуються наступні розрахунки.

1.1. Визначається номінальна дотична сила тяги, яка прикладена до ведучих коліс (зірочок) трактора:

$$P_{d.н} = 0,159 \frac{N_{ен} i_{mp} \eta_{mp}}{r_k n_n} \quad (2.2)$$

де  $N_{ен}$  - номінальна ефективна потужність двигуна, кВт, (довідкові дані);

$i_{mp}$  - передаточне число трансмісії на заданих передачах (довідкові дані);

$n_n$  - номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна, (довідкові дані);

$r_k$  - радіус кочення, м, (довідкові дані);

$\eta_{mp}$  - ККД трансмісії;

$$\eta_{mp} = \eta_m \eta_z \quad (2.3)$$

де  $\eta_z$  - ККД гусеничного ланцюга ( $\eta_z = 0,95 \dots 0,97$ );

$\eta_m$  - ККД механічної передачі (довідкові дані).

При цьому, ККД механічних зубчастих передач трансмісії залежить від багатьох факторів типу шестерень і способу їх взаємодії;

числа пар зубчастих передач; які знаходяться в зачепленні; типу, конструкції та числа опор валів, частоти обертання валів; кількості та рівня мастила, його в'язкості в залежності від температури і т. ін.

$$\eta_m = \eta_{цил}^a \eta_{кон}^\beta \quad (2.4)$$

де  $\eta_{цил}$  - ККД циліндричних зубчастих передач (довідкові дані);

$\eta_{кон}$  - ККД конічних зубчастих передач (довідкові дані);

$a$  - число циліндричних зубчастих пар в зачепленні, (довідкові дані);

$\beta$  - число конічних зубчастих пар в зачепленні, (довідкові дані);

Радіус кочення для гусеничних і колісних тракторів розраховується окремо:

- для гусеничних тракторів він дорівнює радіусу початкового кола ( $r_0$ ) ведучої зірочки (довідкові дані):

$$r_k = r_0 \quad (2.5)$$

для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_k = r_0 + h_{ш} \kappa_{ш} \quad (2.6)$$

де  $r_0$  - радіус посадочного кола сталевго обода (довідкові дані);  $h_{ш}$  - висота поперечного профілю гішни, м, (довідкові дані);

$\kappa_{ш}$  - коефіцієнт прогинання шини, (довідкові дані).

1.2. Визначається максимальна сила зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом:

$$F_{зmax} = G_з \mu \quad (2.7)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом, (довідкові дані), залежить від *агрофону*.

*Агрофони* по міцності поверхневого шару розподілені на чотири групи (по ступеню їх впливу на тягові властивості тракторів):

А - цілина, переліг, ущільнена стерня і пласт багаторічних трав;

Б - стерня зернових колосових і однорічних трав, поле після кукурудзи і соняшника;

В - пар, поле після оранки, поле після коренебульбоплодів та міжряддя просапних культур;

Г - поле підготовлене під сівбу, свіжозоране поле.

В залежності від типу ґрунту і агрофону зміна тягової потужності може досягти до 20% для гусеничних і 40% для колісних тракторів. (Оскільки на сьогоднішній день не існує жодного способу, який дозволив би оцінити вплив ґрунтових умов на тягово-зчіпні властивості тракторів, то тягові випробування проводять окремо на кожному

грунтового фоні).

$G_3$  - зчіпна вага трактора (навантаження на рушії), кН:

- для гусеничних тракторів або колісних з двома ведучими осями:

$$G_3 = G_{mp} \cos \alpha, \quad (2.8)$$

- для колісних тракторів з однією ведучою віссю

$$G_3 = \frac{G_{TP} \cos(L_{TP} - \alpha) + M_0}{L_{TP}} \quad (2.9)$$

де  $G_{mp}$  - експлуатаційна вага трактора, кН, (довідкові дані);

$L_{TP}$  - поздовжня база трактора, м, (довідкові дані);  $\alpha$  - відстань від центру ваги трактора до вертикальної площини, яка проходить через геометричну вісь кочення ведучих коліс, м, (довідкові дані):

$M_0$  - крупний момент на ведучих колесах трактора, кН м:

$$M_0 = P_{dn} r_k \quad (2.10)$$

Для побудови графіка максимальна сила зчеплення ( $F_{3max}$ ) визначається для двох крайніх станів дорожніх умов:

- I - пісок, глибока грязюка  $\mu_k = 0,4$  (колісний трактор);  $\mu_2 = 0,3$  (гусеничний трактор);

- II - асфальт, гравій  $\mu_k = 0,9$  (колісний трактор);  $\mu_2 = 1,0$  (гусеничний трактор).

2. Сила опору, яка виникає при подоланні підйому, кН:

$$P_a = G_{mp} \sin \alpha \quad (2.11)$$

Сила опору кочення трактора на різних агрофонах (дорожніх умовах); кН:

$$P_f = f G_{mp} \cos \alpha, \quad (2.12)$$

де  $f$  - коефіцієнт опору кочення трактора.

Для побудови графіка сила опору кочення визначається для двох крайніх станів дорожніх умов:

- I - пісок, глибока грязюка  $f_k = 0,2$  (колісний трактор);  $f_2 = 0,118$  (гусеничний трактор);

- II - асфальт, гравій  $f_k = 0,02$  (колісний трактор);  $f_2 = 0,06$  (гусеничний трактор).

Як видно із рівняння силового балансу, для визначення тягового зусилля необхідно від рушійних сил відняти сили опору:

$$P_m = P_{руш} - (P_f \pm P_a) \quad (2.13)$$

4. Побудова графіка рівняння силового балансу (див. рис. 2.1).

4.1. По осі абсцис будуються дві шкали для коефіцієнтів зчеплення ( $\mu$ ) в межах значень від 0,3 до 1,0 і відповідних їм значень коефіцієнтів опору кочення ( $f$ ) трактора (гусеничного або колісного).

4.2. По осі ординат відкладаються у вибраному масштабі, раніше

розраховані зусилля  $P_{дн}$ ,  $F_{зmax}$ ,  $P_f$  для двох крайніх станів дорожніх умов. Відмічені точки з'єднуємо лініями.

4.3. Сила опору на подолання підйому відкладається зверху над силою опору кочення, інакше береться сума  $(P_f + P_a)$ . А для умов "спуск" силу  $P_a$  відкладають вниз від сили  $P_f$ ; інакше береться різниця  $(P_f - P_a)$ .

4.4. На побудованому графіку визначають агрофон, по якому рухається агрегат, проводячи вертикальну лінію через значений коефіцієнта зчеплення ( $\mu$ ), який кількісно характеризує даний агрофон. Для цих умов знаходять силу тяги як для "підйому", так і для "спуску".

5. Визначення тягового зусилля в зоні недостатнього зчеплення (при  $P_{дн} > F_{зmax}$ ).

Величина рушійної сили в даному випадку буде обмежуватися силою зчеплення, отже  $P_{руш} = F_{зmax}$ :

$$P_m = F_{зmax} - (P_f + P_a) - \text{для умов «підйом»}, \quad (2.14)$$

$$P_m = F_{зmax} - (P_f - P_a) - \text{для умов «спуск»} \quad (2.15)$$

(числові значення складових рівняння визначаються з графіка).

6. Визначення тягового зусилля в зоні достатнього зчеплення (при  $P_{дн} > F_{зmax}$ ). Величина рушійної сили в цьому випадку буде обмежуватися дотичною силою тяги  $P_{руш} = P_{дн}$

$$P_m = P_{дн} - (P_f + P_a) - \text{для умов «підйом»}, \quad (2.16)$$

$$P_m = P_{дн} - (P_f - P_a) - \text{для умов «спуск»} \quad (2.17)$$

(числові значення складових рівняння визначаються з графіка).

7. Складові рівняння силового балансу необхідно нанести на графік, як показано на рис. 2.1.

## 2. Методика визначення балансу потужності та його складових

При визначенні фактичних витрат потужності ефективна потужність ( $N_e$ ) яка виробляється двигуном, є результативною величиною ( $N_e = f(N_m)$ ), і для даного випадку приймають номінальне її значення:

$$N_{ен} = N_m + \Sigma N_0, \quad (2.18)$$

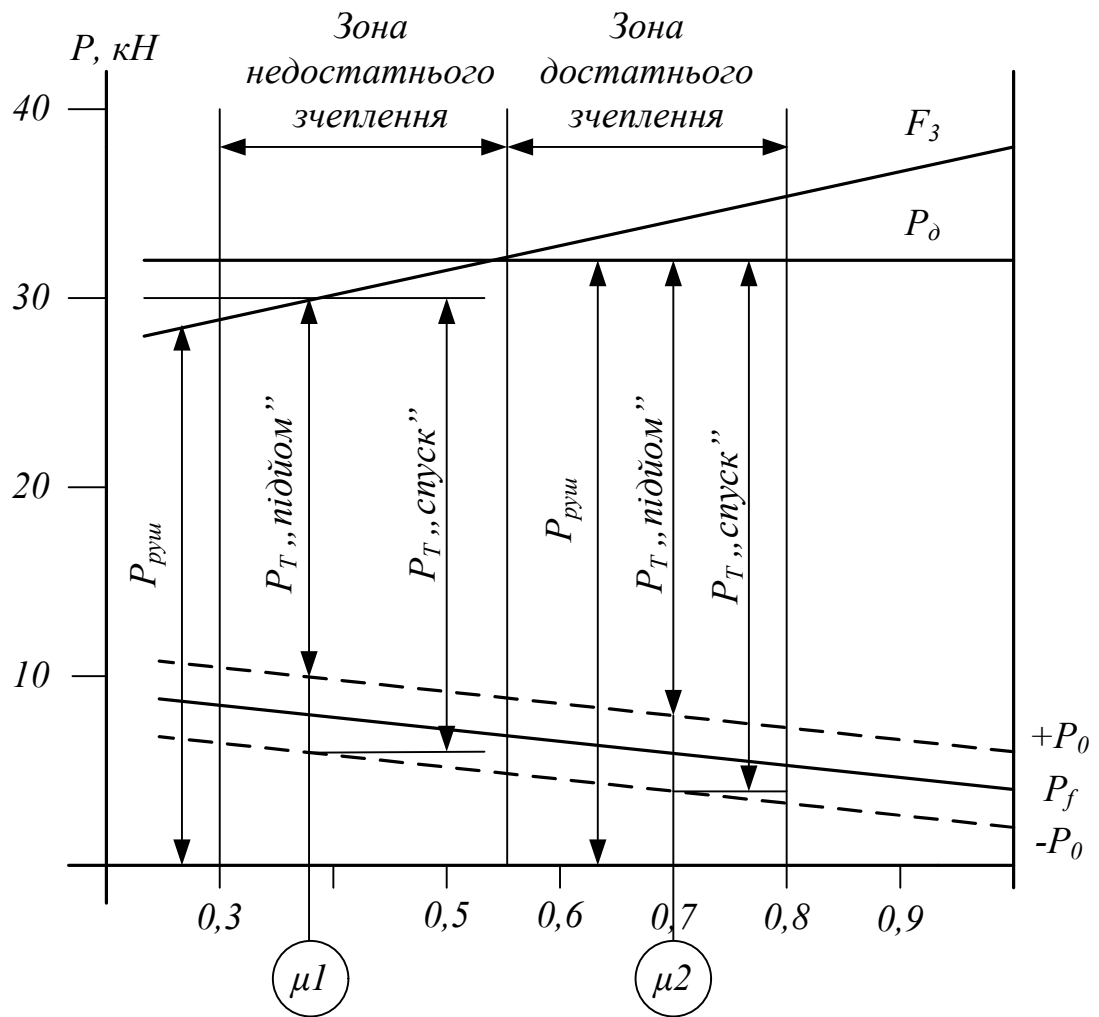
де  $N_m$  - тягова потужність, кВт;

$\Sigma N_0$  - сума втрат потужності на подолання різноманітних опорів, кВт.

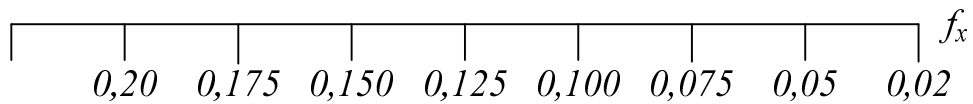
Співвідношення (2.18) є балансом потужності трактора. Розрахунок складових балансу потужності для умов "підйом" при достатньому зчепленні:

$$N_{ен} = N_m + N_f - N_a + N_\delta - N_{тр}, \quad (2.19)$$

де  $N_m = (P_m V_p) / 3,6$  - потужність, що використовується на тягу робочих машин, кВт;



Колісні трактори



Гусеничні трактори

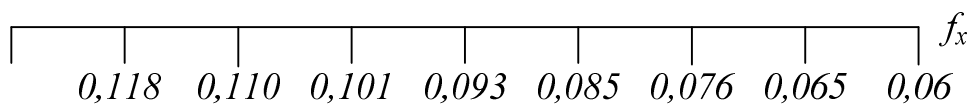


Рис. 2.1. Графік рівняння тягового балансу трактора

$$N_f = \frac{P_f V_p}{3,6} - \text{потужності на перекочування, кВт.} \quad (2.21)$$

$$N_a = \frac{P_a V_p}{3,6} - \text{втрати потужності на подолання підйому, кВт;} \quad (2.22)$$

$$N_{\delta} = \frac{P_{руш}(V_m - V_p)}{3,6} - \text{потужності на буксування, кВт}; \quad (2.23)$$

$$N_{тр} = N_{ef}(1 - \eta_{тр}) - \text{втрати потужності в трансмісії, кВт.} \quad (2.24)$$

Чисельні значення сил  $P_T$ ,  $P_f$ ,  $P_a$ ,  $P_{руш}$ , і ККД трансмісії приймаються за результатами розрахунків сили тяги.

Так, рушійна сила ( $P_{руш}$ ) визначається згідно пункту І; сила опору кочення ( $P_f$ ) по графіку в зоні достатнього зчеплення для коефіцієнта  $\mu_2$ ; тягове зусилля ( $P_T$ ) - по формулі 2.16.

Швидкості руху розраховуються по залежностям:

- теоретична швидкість руху, км/год:

$$V_m = \frac{22,6 \cdot r_k \cdot n_n}{i_{тр}} \quad (2.25)$$

Всі чисельні значення складових цієї формули - довідкові з технічної характеристики відповідного трактора: робоча швидкість руху, км/год:

$$V_p = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (2.26)$$

де  $\left(1 - \frac{\delta}{100}\right) = \eta_v$ , - коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування.

При визначенні втрат потужності в трансмісії (формула 2.24) необхідно користуватися фактичним значенням ефективної потужності двигуна ( $N_{ef}$ ).

$$N_{ef} = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{тр} \left(1 - \frac{\delta}{100}\right)} \quad (2.27)$$

2. Розрахунок складових балансу потужності для умов "підйом" при недостатньому зчепленні:

$$N_{ен} = N_m + N_f + N_a + N_{\delta} + N_{тр} + N_{нев}, \quad (2.28)$$

Для розрахунку складових користуємося формулами (2.20 - 2.24), але тягове зусилля ( $P_m$ ) визначаємо за формулою 2.14;

- силу опору коченню ( $P_f$ ) - по графіку в зоні недостатнього зчеплення;

- рушійну силу - із попереднього пункту роботи (пункт 5);

- робоча швидкість ( $V_p$ ) залежить від буксування ( $\delta$ ), величину

якого визначаємо по номограмі (рис. 2.2), але для умов недостатнього зчеплення і відповідного цим умовам тягового зусилля. Потужність двигуна, яка не використовується за умовами зчеплення ( $N_{нв}$ ) визначається із залежності:

$$N_{нв} = \frac{P_{нв} V_m}{3,6 \eta_{тр}} \quad (2.29)$$

де  $P_{нв}$  - зусилля, яке втрачається при подоланні ділянок із поганими ґрунтовими умовами (тобто рух при недостатньому зчепленні рушіїв трактора з ґрунтом).

Чисельне значення сили  $P_{нв}$  визначаємо із графіка (рис. 2.1) в зоні недостатнього зчеплення (для коефіцієнту  $\mu_l$ ) по наступній залежності:

$$P_{нв} = P_{дн} - F_{3max} \quad (2.30)$$

3. Аналіз використання трактором потужності, яку розвиває його двигун.

Оцінка роботи трактора визначається:

$$\text{тяговим ККД } \eta_m = \frac{N_m}{N_{\dot{\alpha}o}}, \quad (2.31)$$

$$\text{умовним тяговим ККД } \eta_y = \frac{N_m}{N_{ен}}, \quad (2.32)$$

Зауваження: значення тягового ККД. залежать від конструктивних параметрів трактора і ґрунтових умов. Для використання в практичних цілях користуються довідковими осередненими значеннями ККД.

### 3. Поліпшення тягових властивостей тракторів

Основна мета поліпшення енергетичних властивостей тракторів - це отримання таких параметрів і режимів роботи, при яких забезпечується максимальне корисне використання потужності двигуна при мінімальних питомих витратах палива і найменшій негативній їх дії на навколишнє середовище.

Один із напрямків поліпшення властивостей енергомашин - це створення двигунів з оптимальною для сільськогосподарських робіт регулярною характеристикою (двигун постійної потужності). Такі двигуни мають високий коефіцієнт пристосованості за крутним моментом в широкому діапазоні зміни частоти обертів к. в. при майже постійній 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 сил опору;
- 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 сільськогосподарські. машин в агрегаті;
- застосовувати машини з активними робочими органами;
- поліпшувати зчіпні властивості трактора шляхом:
  - а) застосування раціональних розмірів шин рисунка протектора;
  - б) встановлення оптимального тиску в шинах;
  - в) збільшення опорної поверхні ходової частини;
  - г) блокування диференціала ведучих коліс;
  - д) збільшення зчіпної ваги;
  - є) навішуванням додаткових вантажів;
  - ж) заповненням шин рідиною;
  - з) застосування довантажувачів ведучих коліс (ДВК) - механічних і гідравлічних (ГЗВ).

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

### **Контрольні питання**

1. Як визначається рушійна сила?
2. Чому в рівнянні визначення сили тяги трактора сила на подолання підйому визначається із знаком "±"?
3. У чому полягає суть графіка балансу сил?
4. У чому різниці визначення втрат потужності при достатньому зчепленні та не достатньому?

1. Бендера І.М. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс [навч. посіб. для студентів інженерних спеціальностей осв.-кваліф. рівня "Бакалавр"] / за ред. І. М. Бендери, В. П. Грубого, П. І. Роздорожнюка. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. – 576с.



## Лекція №3

### Тема: ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТРАКТОР + РОБОЧА МАШИНА

Мета: Навчитися визначати тяговий опір с.г. машини та заходи по зменшенню тягового опору.

#### План:

1. Показники енергетичних властивостей сільськогосподарських машин.
2. Методика розрахунку тягового опору робочих органів машин.
3. Енергомісткість сільськогосподарської операції.
4. Заходи по зменшенню опору машин і енергоємності технологічних операцій, процесів.

#### **1. Показники енергетичних властивостей сільськогосподарських машин**

Показники енергетичних властивостей характеризують питомі витрати енергії в розрахунку на одиницю об'єму виконаної роботи, яка в повній мірі залежить від сил опору робочих органів при їх взаємодії з середовищем, яке підлягає обробітку.

##### ***Фактори, які впливають на опір машин***

###### ***а) природно-кліматичні:***

- тип ґрунту, його структура;
- властивості матеріалу, який обробляється;
- метеорологічні умови.

Вплив *першої групи факторів* враховують при:

- визначенні нормативних показників;
- виборі технології вирощування сільськогосподарські. культур;
- аналізі показників роботи в даних умовах.

###### ***б) конструкційні:***

- тип робочих органів, їх форма, число, матеріал виготовлення;
- технологія виготовлення;
- вага машини;
- наявність допоміжних пристроїв
- тип та конструкція ходового апарату. Вплив *другої групи*

***факторів*** враховують при:

- виборі конструкції машини для конкретної технологічної операції;
- визначенні експлуатаційних вимог до конструкції;
- розробці технічних завдань для вдосконалення конструкції робочих машин.

**в) експлуатаційні:**

- технічний стан машин (ступень спрацьованості, якість проведення ТО, правильність виконання регулювальних робіт);

- режим роботи (швидкість руху, глибина обробки, ступень використання пропускну здатності).

Вплив *третьої групи факторів* враховують при:

- виборів режимів роботи;

- встановленні норм виробітку.

**Тяговий опір робочих органів машин (R)**

Дослідний шлях визначення тягового опору полягає у проведенні тягових випробувань.

Випробування проводять при швидкості руху  $V_o = 5$  км/год.

В процесі роботи сільськогосподарські агрегати має місце *значна нерівномірність* опору машин у зв'язку із змінними факторами, що впливають на тяговий опір, це:

- фізико-механічні властивості ґрунту ;

- мікрорельєф поля;

- режими роботи ( $V, P_T, B$ ).

Тому тяговий опір машин має випадковий характер в імовірно - статистичному розумінні.

Випадковий характер опору машин призводить до наявності великої кількості значень тягових опорів ( $R$ ).

Для упорядкування випадкових величин тягових опорів (ii) ввели поняття **питомий опір ( $k$ )** - це тяговий опір, який припадає на одиницю ширини захвату машини. Цей показник характеризує групи машин з однотипними робочими органами.

Для однотипних машин, які відрізняються тільки шириною захвату, (борони, культиватори, сівалки та ін.) він визначається за виразом:

$$k = \frac{\bar{R}}{B}, \quad (3.1)$$

де  $R$  - тяговий опір машини, кН;

$B$  - ширина захвату машини, м.

Для машин, які відрізняються як шириною захвату ( $B$ ), так і глибиною обробітку ( $a$ ), наприклад плуги:

$$k_{nl} = \frac{\bar{R}_{nl}}{a \cdot B}, \quad \text{кН/м}^2 \quad (3.2)$$

де  $a$  - глибина оранки, м.

Для машин у яких опір пропорційно зв'язаний з їх вагою (зчіпки):

$$k_{nl} = \frac{\overline{R_{nl}}}{G_M} = f_M, \quad (3.3)$$

де  $f_M$  - коефіцієнт кочення машин;

$G_M$  - вага машини, кН.

Для машин, у яких робочі органи приводяться в дію від ВВП:

$$k = \frac{N_{ВВП}}{VB}, \quad \text{кН/м} \quad (3.4)$$

де  $N_{ВВП}$  - потужність, витрачається на привід робочих органів від ВВП, кВт;

$V$  - швидкість руху машини, км/год.

Осередненні, значення питомого опору, які розраховані на основі тягових опорів і які, в свою чергу, одержані проведенням дослідних випробувань при швидкості руху  $V_0=5$  км/год приведені в довідниках і позначаються  $k_0$ .

Основною конструктивною особливістю являється той факт, що різноманітні робочі органи сільськогосподарських машин мають здатність якісно виконувати конкретну технологічну операцію тільки в деякому діапазоні агротехнічно-допустимих швидкостей.

Вплив швидкості руху на питомий опір в переважній більшості випадків характеризується параболічною залежністю. Ця залежність в межах реального діапазону робочих швидкостей від  $V_0$  до  $V_p$  описується формулою:

$$k_v = k \left[ 1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p^c - V_0^c) \right], \quad (3.5)$$

де  $\Delta C$  - темп приросту опору на 1 км/год приросту швидкості;

$c$  - показник степені, величина якої залежить від особливостей конструкції машини і від умов роботи.

Для практичних розрахунків частіше всього користуються наступними показниками  $c=1$  або  $c=2$ .

зв - звичайні машини (знаряддя); шв - швидкісні.

Академік Горячкін В. П. запропонував квадратичну залежність зміни опору машин від швидкості руху:

- для плугів з культурними корпусами:

$$k_{vnn} = k_{o.nl} \left[ 1 + 0,006 (V_p^2 - V_0^2) \right] \quad (3.6)$$

- для плугів із швидкісними корпусами:

$$k_{vnn} = k_{o.nl} \left\{ 1 + 0,004 [(V_p - 2)^2 - V_0^2] \right\} \quad (3.7)$$

Криволінійну залежність в робочому діапазоні швидкостей ( $V_0 \dots V_p$ )

наближено можна замінити лінійною. Таке спрощення цілком прийнятне для експлуатаційних розрахунків.

Для плугів в даному випадку формула 3.5 прийме вигляд:

$$k_{vnl} = ak_{o.nl} \left[ 1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_0) \right], \quad (3.8)$$

Для машин інших типів:

$$k_v = ak_o \left[ 1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_0) \right] \quad (3.9)$$

## 2. Методика розрахунку тягового опору робочих органів машин

Для розрахунку використовують осередненні значення питомого опору ( $k_0$ ) з ураженням впливу на нього робочих швидкостей руху, конструктивні параметри робочих машин ( $B$ ,  $G$ ) і параметри умов роботи ( $f$ ).

**Тяговий опір робочих органів, кН:**

Для борін, культиваторів, сівалок:

$$R_m = k_v \cdot B, \quad (3.10)$$

Для плугів:

$$R_{nl} = k_{vnl} \cdot B \cdot a, \quad (3.11)$$

Для зчіпок:

$$R_{зч} = G_{зч} \cdot F_{зч}. \quad (3.12)$$

Додатковий опір, який виникає при подоланні підйому:

$$R_{nid} = G_m \cdot \sin a, \quad (3.13)$$

де  $a$  - відстань від центру ваги трактора до висот площі що перетинає геометричну вісь кочення трактора.

З урахуванням додаткового опору формули, які приведені вище, матимуть наступний вигляд;

$$R_m = k_v \cdot B \pm G_m \sin a, \quad (3.14)$$

$$R_{nl} = k_{vnl} \cdot B \cdot a \pm G_{nl} \sin a, \quad (3.15)$$

$$R_{зч} = G_{зч} (f_{зч} \pm \sin a). \quad (3.16)$$

Тяговий опір агрегату, який складено з причіпних машин:

$$R_a = R_m \cdot R_{зч}; \quad (3.17)$$

$$R_m = (k_v \cdot B \pm G_m \sin a) \cdot n_m + G_m (f_{зч} \pm \sin a). \quad (3.18)$$

Тяговий опір агрегату з начіпною машиною:

$$R_{mh} = k_v \cdot B \pm G_m (\lambda_d f_{mp} \sin a), \quad (3.19)$$

де  $f_{mp}$  - коефіцієнт опору кочення трактора;

$\lambda_d$  - коефіцієнт догрузки, який враховує частину ваги начіпної

машини та вертикальні складові сили тягового опору, які додатково навантажують ходову систему трактора (на оранці  $\lambda = 5 \dots 1,0$ ; на сівбі, культивуванні  $\lambda_{\delta} = 0,10 \dots 0,15$ ; на глибокому рихленні  $\lambda_{\delta} = 1,5 \dots 2,0$ ). Оскільки начинні машини мають меншу вагу, ніж відповідні їм по ширині причіпні машини, то і опір їх буде меншим на 10-15%;

**Тяговий опір агрегату і тягово-привідними машинами:**

$$R_{m,np} = R_m \cdot P_{np}, \quad (3.20)$$

де  $P_{np}$  - зусилля, яке витрачається на привід робочих органів від ВВП: кН.

$$P_{np} = 159 \cdot \frac{N_{ВВП} \cdot \eta_{np}}{V_p \cdot \eta_{ВВП}} \quad (3.21)$$

де  $\eta_{ВВП}$  - коефіцієнт корисної дії валу відбору потужності ( $\eta_{ВВП} \approx 0,93$ ).

Зусилля  $P_{np}$  не створює додаткового буксування.

Наведені формули для визначення опору машин (3.11...3.21) дійсні тільки для рівномірного руху, коли прискорення дорівнює нулю.

При зрушенні з місця опір агрегату збільшується за рахунок сил інерції, які необхідно переробити на початку руху.

### 3. Енергомiсткiсть сiльськогосподарської операції

Визначення споживаної енергії проводиться при виборі енергозберігаючих машин і агрегатів, а також технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Енергомiсткiсть технологiчної операції з урахуванням швидкості руху можна подати так:

$$k = \frac{R_{nl} \cdot V}{a \cdot B \cdot V} \quad (3.22)$$

Питомий опір машини можна розглядати не тільки, як зусилля, а по фізичному явищу і як витрати механічної енергії площі, Дж/м<sup>3</sup>, або витрати потужності на одиницю виробітку, кВт/(м<sup>2</sup> · с<sup>-1</sup>):

$$k_{nl} = \frac{R_{nl} \cdot V}{a \cdot B \cdot V}. \quad (3.23)$$

Питомий опір плуга можна розглядати, як витрати механічної енергії на обробіток об'єму ґрунту, що переміщується по полиці плуга, Дж/м<sup>3</sup>, або витрати потужності на обробіток об'єму ґрунту, що переміщується по полиці плуга за одиницю часу (продуктивність), кВт/(м<sup>2</sup> · с<sup>-1</sup>).

Таке тлумачення питомого опору знаходить, місце при

оцінюванні енергетичної суті сільськогосподарські, операції, енерговитрат на виконання сільськогосподарські операції. Іншими словами, це - *енергетична характеристика питомого опору*.

Таким чином, *питомий опір* - це показник, який дозволяє дати оцінку технологічних енерговитрат на одиницю виконаної роботи.

Складові опору сільськогосподарських машин можуть бути розподілені на корисні і некорисні (табл. 3.1). Такі, що витрачаються на деформацію матеріалу і на надання кінетичної енергії часточкам ґрунту, який підлягає обробітці, будуть корисними. А складові, які йдуть на перекочування (пересування) машини і на подолання сил тертя - некорисні. При виконанні технологічної операції, тобто при подоланні сил опору, витрачається повна енергія (потужність).

Відношення агротехнічно корисної роботи до загальних втрат механічної енергії являє собою ***коефіцієнт корисної дії сільськогосподарських машин***. Користуючись складовими опору сільськогосподарські машин (табл. 3.1) і балансу потужностей можна легко визначити ККД сільськогосподарської машини.

Таблиця 3.1

Складові опору сільськогосподарських машин

Машини (знаряддя)	Складові опору машин	
	Корисні	Некорисні
1	2	3
Плуги	Підрізання скиби ґрунту, розкришення ґрунту, оборот скиби	Пересування, тертя по ґрунту
Культиватори	Підрізування бур'янів, розпушення ґрунту	Пересування, тертя по ґрунту, переміщення часточок ґрунту
Борони	Розпушення ґрунту	Тертя по ґрунту
Сівалки	Утворення борідок, ущільнення і їх загортання, переміщення по полю насінневого матеріалу	Тертя соняшника по ґрунту, внутрішнє тертя в масі насіння і добрив, тертя насіння і добрив по деталях висівного апарату, тертя в механізмах приводу, переміщення часточок ґрунту
Розкидачі	Подрібнення матеріалу, розкидання його по ширині захвату, переміщення по полю маси матеріалу	Внутрішнє тертя в масі матеріалу, тертя матеріалу по деталях розкидача; тертя в механізмах приводу

1	2	3
Косарки	Зрізування стебел в прокіс	Пересування, тертя деталей косарки по ґрунту і стебел рослин, терті в механізмах приводу
Жатки	Зрізування стебел, пересування і складання стебел у валок	Пересування, тертя деталей жатки по стеблах рослин, тертя в механізмах приводу

ККД робочих машин - величина постійна, яка залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів, характеру технологічного процесу, режимів роботи агрегату і режимів обробітку, маси машини і маси матеріалу, які вона переміщує.

Найбільші значення ККД у плугів і луцильників - 0,7...0,8; у культиваторів і борін 0,4...0,6. Для сівалок ККД нижчий - 0,3...0,4; для косарок і жаток - 0,3...0,45. Для складних збиральних машин іще нижчий - 0,2...0,3. Такі порівняно низькі значення ККД машин потребують впровадження заходів, які дозволять підвищити ККД.

#### **4. Заходи по зменшенню опору машин і енергоємності технологічних операцій, процесів**

##### ***Технологічні:***

- удосконалення конструкції робочих органів у відповідності з вимогами технології;
- використання комбайнових агрегатів;
- суміщення технологічних операцій.

##### ***Експлуатаційні:***

- своєчасне проведення ТО;
- правильне регулювання механізмів;
- правильна причеплення (зачеплення);
- вибір раціональних напрямків руху;
- підбір машин згідно з умовами роботи;
- робота на ґрунтах з оптимальним станом.

##### ***Покращення природних умов:***

- вирівнювання поверхні поля;
- культивація захаращених і засмічених ділянок;
- поліпшення структури ґрунтів.

##### ***Конструкційні:***

- зменшення ваги машини;

- використання причіпних машин;
- використання пневматичних шин низького тиску;
- використання еластичної підвіски;
- заміна тертя ковзання - коченням;
- покращення якості робочих органів за рахунок:
- спеціального покриття поверхні робочих органів;
- зміни форми робочих органів;
- спеціальної обробки при виготовленні робочих органів;
- використання позиційно-силового регулювання глибини обробки ґрунту начіпними машинами;
- використання довантажувачів (ДВК) ведучих коліс (механічних, гідравлічних) (ГЗВ).

При використанні ДВК опір машин зменшується за рахунок утримання їх у зваженому (плаваючому) стані.

### **Контрольні питання**

1. Що таке питомий тяговий опір?
2. Як розраховується тяговий опір багатомашинних агрегатів?
3. Що таке коефіцієнт корисної дії с.г.машин?
4. На які складові ділиться тяговий опір с.г.машин?

3. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. / Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 288с.



## Лекція №4

### Тема: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ І РЕЖИМУ РОБОТИ МАШИН

Мета: Навчитися раціонально комплектувати машинно-тракторний агрегат

#### План:

1. Вимоги та завдання оптимального проектування.
2. Методика визначення складу агрегатів за використанням тяговим зусиллям (I варіант).
3. Методики вибору раціональних режимів роботи МА (II варіант).

#### **1. Вимоги та завдання оптимального агрегування**

Комплектування МА - науково обґрунтований процес вибору складу агрегату і робочої швидкості згідно з вимогами, які пред'являються до виконання технологічної операції.

При комплектуванні МА повинні враховуватись наступні вимоги: висока якість виконання технологічного процесу, максимальна продуктивність при мінімальних питомих витратах ресурсів (трудових, паливно-енергетичних матеріальних, фінансових) в розрахунку на одиницю роботи або врожаю; як найменший негативний вплив на навколишнє середовище; створення умов для довгострокової високопродуктивної праці персоналу по обслуговуванню і т. ін.

Виконання всіх вище приведених вимог, можливе тільки при комплексному вирішенні задач комплектувань МА як на стадії конструювання, так і безпосередньо у виробничих умовах експлуатації.

Основні задачі комплектування МА зводяться до вибору складу та швидкісного режиму і відповідно вирішуються в два етапи. На першому етапі в залежності від природно-виробничих умов виконання операції (довжина гону, розмір поля, питомий опір робочих органів машин і т. ін.) вибирають трактор і робочу машину, які задовольняють вимогам ресурсозбереження, охорони навколишнього середовища, високій продуктивності і т. ін.

На другому етапі для вибраного агрегату по відповідному критерію ресурсозбереження розраховують оптимальні значення робочої швидкості, ширини захвату агрегату з подальшим вибором числа машин та зчипки.

**Ефективність роботи МА визначається** агротехнічними, енергетичними та екологічними показниками трактора сільськогосподарські. машин, правильністю їх вибору, правильним

з'єднанням їх та вибором раціональних режимів роботи.

*Режими роботи характеризується:*

- швидкістю руху;
- величиною завантаження двигуна.

На *швидкісний режим роботи* впливають такі фактори:

- агротехнічні вимоги до технологічної операції;
- пропускна здатність основного робочого органу;
- потужність двигуна.

Задача агрегування зводиться, до встановлення оптимального швидкісного, режиму роботи, з урахуванням вищенаведених факторів. Існують дослідний та розрахунковий методи визначення кількості робочих машин в агрегаті.

*Дослідний метод* (на основі практичного досвіду). Користуючись інструкціями заводів-виготовлювачів, спеціальною літературою, і досвідом роботи, складають агрегат, а потім перевіряють його в роботі на дотримання швидкісного режиму, використання потужності двигуна, забезпечення продуктивності та мінімальних витрат палива.

У випадку відхилення від оптимальних режимів, кількість машин в агрегаті уточнюють,,

У виробничих умовах агрегування здійснюється тяговими етапами. Під тяговим етапом розуміють тяговий опір неподіленого елемента: для оранки - корпус плуга (0,35м); для боронування - ланка борін (1,0м); для дискового Луцення - батарея луцильника (1,5... 2,0м); для вирівнювання – брус (2,0 м); для сівби, обробітку міжряддя, збирання і т. ін. - окрема машина (3,6...6,0 м).

*Розрахунковий метод* має місце у двох варіантах:

- *I варіант* - за задалегідь вибраного швидкістю (згідно вимог агротехніки) визначають ширину захвату агрегату (розрахунок складу агрегату)

- *II варіант* - визначається швидкість руху агрегату}' при задалегідь заданій пропускній здатності основного робочого органу, яка в свою чергу, є визначальною для ширини захвату агрегату (вибирається раціональний режим роботи агрегату).

Вибір варіанта розрахунку залежить від особливостей конструкції агрегату та умов використання його при виконанні технологічної операції.

*Оптимальне агрегування* - це раціональне поєднання робочої швидкості й ширини захвату МА, при якому забезпечується економний режим роботи трактора в зоні максимального значення тягового ККД з використанням потужності біля 90%.

## 2. Методики визначення складу агрегатів за використанням тяговим зусиллям

### I варіант

#### 2.1. Простий причинний тяговий агрегат

*Вихідні дані:*

Технологічна операція та агротехнічні вимоги до її виконання.

Умови роботи (конфігурація і розміри робочої ділянки, її рельєф, агрофон,

тип ґрунту, його різновид, глибина обробітку).

#### **Порядок виконання роботи:**

1. Марку трактора і робочої машини вибрати згідно умов роботи і агротехнічних вимог до її виконання.
2. Відповідно до агротехнічних вимог, які пред'являються до операції, визначити робочу швидкість агрегату, для чого виконати такі пункти:

- встановити діапазон агротехнічно-допустимих робочих швидкостей для сільськогосподарські, машин, які виконують основну технологічну операцію;

- вибрати питомий тяговий опір ( $k_0$ ) робочих машин при швидкості  $V_0=5$  км/год;

- тягової характеристики трактора заданої марки в режимі експлуатації  $N_m=N_{m.max}$  урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які за чисельним шачейшям швидкості входять в діапазон агротехнічно допустимих швидкостей. З метою раціонального використання енергії, яку витрачає фактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач використовується для розрахунків та, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_m=N_{m.max}$ ). Робочу швидкість ( $V_{рн}$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{тн}$ ) цієї передачі тепер є основними параметрами для подальшого розрахунку.

*При відсутності тягових характеристик передачі для руху трактора вибираються з його технічних характеристик з умовою, що по чисельному значенню швидкості вони входять в діапазон агротехнічно-допустимих. Величину тягового зусилля трактора на вибраних передачах для заданих умов роботи (агрофон, ухил місцевості і т. ін.) визначають із рівняння балансу сил (методика визначення сили тяги),*

Робочу швидкість руху ( $V_p$ ) визначають із залежності, яка приведена в методиці визначення складових балансу потужності.

Величина буксування ( $\delta$ ) в залежності від тягового зусилля ( $P_m$ ) типу ходового апарату трактора і заданих ґрунтових умов ( $\mu$ )

визначається із номограми (лекція №2).

1. Визначити питомий тяговий опір робочих органів машин (для випадку  $V_p > V_0$ ).

Розрахунки виконуються по формулі 4.1

$$k_v = k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C}{100} \right], \quad (4.1)$$

де  $\Delta C$  – темп зростання питомого тягового опору при збільшенні швидкості понад  $V = 5$  км/год.

2. Визначити склад агрегату.

2.1. Визначити максимальну ширину захвату агрегату:

$$B_{\max} = \frac{(P_{mn} \pm G_{mp} \sin a) \xi_{pn}}{k_v \pm q_m \sin a + q_{зч} (f_{зч} \pm \sin a)}, \quad (4.2)$$

(знак «-» в чисельнику і «+» в знаменнику відповідає руху на підйом).

де  $G_{TP}$  - експлуатаційна вага трактора, кН;

$\xi_{PH}$  - раціональне значення ступеня використання номінальної сили тяги для заданої роботи і марки трактора;

$q$  - відношення ваги довільно вибраної зчіпки до її максимальної ширини захвату, кН/м;

$f_{зч}$  - коефіцієнт опору коченню зчіпки;

$q_m$  - відношення ваги машини до її конструктивної ширини захвату, кН/м:

$$q_m = \frac{G_m}{b_m}, \quad (4.3)$$

де:  $G_m$  - вага робочої машини, кН;

$b_m$  - конструктивна ширина захвату машини, м.

2.2 Визначити число машин в агрегаті:

$$n_m = \frac{B_{\max}}{b_m}, \quad (4.4)$$

результат округлити до цілого меншого числа.

2.3 Обґрунтувати необхідність використання зчіпки.

При виборі зчіпки необхідно знати її фронт ( $\Phi_{зч}$ , м) в залежності від кількості робочих машин для виконання основної технологічної операції:

$$\Phi_{зч} = b_m (n_m - 1). \quad (4.5)$$

За величиною фронту зчіпки підібрати конкретну її марку і вагу ( $G_{зч}$ , кН).

2.3 Визначити сумарний тяговий опір робочої частини агрегату:

$$R_a = (k_v b_m \pm G_m \sin a) n_m + G_{зч} (f_{зч} \pm \sin a) \quad (4.6)$$

(знак «+» в формулі береться для випадку руху на підйом, знак «-» під ухил).

## 2.5 Оцінка тягового розрахунку складу агрегату.

Оцінка правильності вибору робочої передачі трактора і розрахунку складу агрегату проводиться за допомогою коефіцієнтів:

а) *ступінь завантаження трактора за номінальним тяговим зусиллям:*

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{mn} \pm G_{mp} \sin a} \quad (4.7)$$

(знак «-» в формулі береться для випадку руху на підйом).

Якщо розрахункове значення коефіцієнта використання номінального тягового зусилля ( $\xi_p$ ) буде значно нижче раціонального значення ( $\xi_{pn}$ ), то розрахунок необхідно повторити з використанням суміжної вищої передачі, а якщо вище - суміжної нижчої передачі.

б) *ступінь завантаження трактора за максимальною потужністю:*

$$\xi_{Nm} = \frac{N_m}{N_{m\max} \pm N_a}, \quad (4.8)$$

де  $N_{m\max}$  - максимальна тягова потужність трактора на вибраній передачі, кВт:

$$N_{m\max} = \frac{P_{mn} V_{pn}}{3,6}, \quad (4.9)$$

Складові формули  $P_{mn}$  і  $V_{pn}$ , а також значення  $N_{m\max}$  вибираються із тягової характеристики.

$N_a$  - витрати потужності на подолання підйому, кВт (розраховуються по

формулі з лекції №3):  $N_a = \frac{P_a V_p}{3,6},$

де  $P_a$  - сила опору, виникає при подоланні підйому, кН,  $P_a = G_{mp} \sin a,$

де  $N_T$  - витрати потужності на подолання опору робочих машин, кВт:

$$N_m = \frac{P_a V_a}{3,6}, \quad (4.10)$$

де  $V_p$  - фактична робоча швидкість, яка відповідає конкретним умовам виконання технологічної операції.

В експлуатаційних розрахунках приймають:

$$V_p = 1,03V_{PH} \quad \text{при } P_m = 0,95P_{mn}$$

$$V_p = 1,05V_{PH} \quad \text{при } P_m = 0,90P_{mn}$$

$$V_p = 1,07V_{PH} \quad \text{при } P_m = 0,85P_{mn}$$

Фактичне тягове зусилля ( $P_m$ ) визначається із рівняння силового балансу  $P_m = P_{руш} - (P_f \pm P_a)$ . Для визначення  $P_{руш}$  необхідно розрахувати дотичну силу ТЯГИ ( $P_d$ ) і силу зчеплення І ( $P_{3max}$ ) і меншу із них використати для знаходження  $P_m$ .

При правильних розрахунках повинна виконуватись умова  $\xi_N > \xi_p$ , тому що  $R_a > R_{TH}$  і  $V_P > V_{PH}$ .

в) ступінь завантаження трактора за номінальною ефективною потужністю двигуна:

$$\xi_{Ne} = \frac{N_{ef}}{N_{en}}, \quad (4.11)$$

де  $N_{en}$  - номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт;

$N_{ef}$  - ефективна фактична потужність двигуна, яка витрачається на тягу і переміщення агрегату при даному завантаженні з урахуванням втрат в трансмісії і на буксування:

$$N_{ef} = (N_m + N_f + N_a) \frac{1}{\eta_{mp}\eta_\delta}, \quad (4.12)$$

де  $N_f$  - втрати потужності на переміщення агрегату, кВт:

$$N_f = \frac{P_f V_p}{3,6}, \quad (4.13)$$

де  $P_f$  сила опору кочення трактора, кН:

$$P_f = G_{mp} f, \quad (4.14)$$

де  $\eta_\delta$  - коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування;

$\eta_{mp}$  - ККД трансмісії трактора;

Економічній роботі двигуна і трактора відповідають такі режими, при яких номінальне тягове зусилля ( $P_{mn}$ ) використовується не менше, ніж на 75...90%, а ефективна потужність ( $N_{en}$ ) - не менше, ніж на 70...80%. ( Менші значення  $\xi_{PH}$  відповідають важчим умовам роботи МТА і більшому значенню ступеня нерівномірності тягового опору).

## **2.2. Комбінований причіпний тяговий агрегат.**

*Вихідні дані:*

Технологічна операція та агротехнічні вимоги до її виконання.

Умови роботи (конфігурація і розміри робочої ділянки, рельєф, агрофон, тип ґрунту, його різновид, глибина обробітку).

#### *Порядок виконання роботи*

1. Марку трактора і робочої машини вибрати згідно умов роботи і агротехнічних вимог до її виконання

2. Відповідно до агротехнічних вимог, які пред'являються до операції, визначити робочу швидкість агрегату, для чого виконати такі пункти:

3. Встановити діапазон агротехнічно-допустимих робочих швидкостей для сільськогосподарські машин, які виконують основну технологічну операцію.

4. Вибрати питомий тяговий опір ( $k_o$ ) робочих машин (основних  $k_{om}$ , додаткових  $k_{oq}$ ) при швидкості  $V_0 = 5$  км/год.

5. Із тягової характеристики трактора заданої марки в режимі експлуатації  $N_m = N_{m.max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які за чисельним значенням швидкості входять в діапазон агротехнічно-допустимих швидкостей. З метою раціонального, використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач використовується для розрахунків та, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{mmax}$ ). Робоча швидкість ( $V_{pn}$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{m.n}$ ) цієї передачі тепер є основними параметрами для подальшого розрахунку.

*При відсутності тягових характеристик передачі для руху трактора вибирають із його технічних характеристик з умовою, що по чисельному значенню швидкості вони входять в діапазон агротехнічно-допустимих.. Величину тягового зусилля трактора на вибраних, передачах для заданих умов роботи (агрофон, ухил місцевості і т. ін) визначають із рівняння балансу сил (методика сили тяги).*

*Робочу швидкість руху ( $V_p$ ) визначають із залежності, яка приведена в методиці визначення складових балансу потужності.*

*Величина буксування ( $\delta$ ) в залежності від тягового зусилля ( $P_m$ ), типу ходового апарату трактора і заданих ґрунтових умов ( $\mu$ ) визначається із номограми.*

Визначити питомий тяговий опір робочих органів машин (для випадку  $V_p > V_0$ ).

1. Питомий тяговий опір розраховується для кожної конкретної робочої машини яка входить в агрегат як основної ( $k_{vm}$ ), так і додаткової ( $k_{vq}$ ). Для машин які виконують основну технологічну операцію

$$k_{mn} = k_{om} \cdot \left[ 1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C_m}{100} \right]. \quad (4.15)$$

$\Delta C_m$  - темп зростання питомого тягового опору для основних робочих машин, %;

$$k_{vq} = k_{om} \cdot \left[ 1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C_q}{100} \right]. \quad (4.16)$$

$\Delta C_m$  - темп зростання питомого тягового опору для додаткових робочих машин, %.

2. Визначити склад агрегату.

2.1. Визначити максимальну ширину захвату агрегату.

$$B_{\max} = \frac{(P_{mn} \pm G_{mp} \sin a) \zeta_{pn}}{k_v + k_{vq} \pm (q_m + q_q) \sin a + q_{zq} (f_{zq} \pm \sin a)}, \quad (4.17)$$

(знак "-" в чисельнику і "+" в знаменнику відповідає руху на підйом), де  $G_{mp}$  - експлуатаційна вага трактора, кН;

де  $\zeta_{pn}$  - раціональне значення ступеня використання номінальної сили тяги для заданої роботи і марки трактора;

$q_{zq}$  - відношення ваги довільно вибраної зчіпки до її максимальної ширини захвату, кН/м;

$f_{zq}$  - коефіцієнт опору коченню зчіпки;

$q_m$  - відношення ваги машини до її конструктивної ширини захвату, кН/м:

$$q_m = \frac{G_{mo}}{b_{mo}}, \quad (4.18)$$

де  $G_{mo}$  - вага робочої машини, кН;

$b_{mo}$  - конструктивна ширина захвату машини, м.

$q_q$  - відношення ваги додаткової машини до її конструктивної ширини захвату, кН/м:

$$q_q = \frac{G_{mq}}{b_{mq}}, \quad (4.19)$$

де  $G_{mq}$  - вага додаткової робочої машини, кН;

$b_{mq}$  - конструктивна ширина захвату додаткової машини, м.

2.5 Визначити число машин в агрегаті:

- для виконання основної технологічної операції:

$$n_{mo} = \frac{B_{\max}}{b_{mo}}, \quad (4.20)$$

результат округлити до цілого меншого числа.

2.6 Обґрунтувати необхідність використання зчіпки.

При виборі зчіпки необхідно знати її фронт ( $\Phi_{M5}$  м) в залежності



від кількості робочих машин для виконання основної технологічної операції:

$$\Phi_{зч} = b_{мо} (n_{мо} - 1). \quad (4.21)$$

За величиною фронту зчіпки підібрати конкретну її марку і вагу ( $G_{зч}$ , кН)

2.7. Визначити сумарний тяговий опір робочої частини агрегату:

$$R_a = (k_{vm} b_{мо} \pm G_{мо} \sin a) n_{мо} (k_{vq} b_{mq} \pm G_{мо} \sin a) n_{mq} + G_{зч} (f_{зч} \pm \sin a), \quad (4.22)$$

(знак "+" в формулі береться для випадку руху на підйом, знак під ухил).

2.8. Оцінка тягового розрахунку складу агрегату виконується згідно з "Методикою визначення складу простого причіпного тягового агрегату".

### **2.3. Комбінований причіпний тяговий агрегат для оранки**

*Вихідні дані:*

Технологічна операція та агротехнічні вимоги до її виконання.

Умови роботи (конфігурація і розміри робочої ділянки рельєф, агрофон, тип ґрунту, його різновид, глибина обробітку).

#### *Порядок виконання роботи*

1. Марку трактора і робочої машини вибрати згідно умов роботи і агротехнічних вимог до її виконання.

2. Відповідно до агротехнічних вимог, які пред'являються до операції, визначити робочу швидкість агрегату, для чого виконати наступні пункти:

2.1. Встановити діапазон агротехнічно-допустимих робочих швидкостей для сільськогосподарські. машин, які виконують основну технологічну операцію.

2.2. Вибрати питомий тяговий опір ( $k_0$ ) робочих машин (основних  $k_{ом}$ , додаткових  $k_{оq}$ ) При швидкості  $V_0 = 5 \text{ км/год}$ .

2.3. Із тягової характеристики трактора заданої марки в режимі експлуатації  $N_m = N_{m.max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які за чисельним значенням швидкості входять в діапазон агротехнічно-допустимих швидкостей. З метою раціонального, використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач використовується для розрахунків та, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{m.max}$ ). Робоча швидкість ( $V_{pn}$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{m.n}$ ) цієї передачі тепер є основними параметрами для подальшого розрахунку.

*При відсутності тягових характеристик передачі для руху трактора вибирають із його технічних характеристик з умовою > що по чисельному значенню швидкості вони входять в діапазон*

агротехнічно-допустимих . Величину тягового зусилля трактора на вибраних, передачах для заданих умов роботи (агрофон, ухил місцевості і т. ін) визначають із рівняння балансу сил (методика сили тяги).

Робочу швидкість руху ( $V_p$ ) визначають із залежності, яка приведена в методиці визначення складових балансу потужності.

Величина буксування ( $\delta$ ) в залежності від тягового зусилля ( $P_m$ ), типу ходового апарату трактора і заданих ґрунтових умов ( $\mu$ ) визначається із номограми.

Для плугів із звичайними корпусами розраховується так:

$$k_{vnl} = k_{онл} [1 + 0,006(V_p^2 - V_0^2)] \quad (4.23)$$

Для плугів із швидкісними корпусами розраховується:

$$k_{v.nl} = k_{онл} \{1 + 0,004[(V_p - 2)^2 - V_0^2]\} \quad (4.24)$$

Швидкість руху агрегатів з плугами, що мають звичайні корпуси, знаходиться в межах 4...7,5 км/год, а із швидкісним корпусами - 8...12 км/год.

Для додаткових машин питомий тяговий опір ( $k_{vq}$ ) розраховується по формулі 4.14.

2.4. Визначити склад агрегату.

Визначити тяговий опір, який приходить на один плужний корпус з урахуванням тягової опору додаткових робочих машин, кН:

$$R_a = (k_{vnl} b_k a \pm q_k \sin a) + (k_v \pm q_q \sin a) b_{mq} \quad (4.25)$$

де  $a$  - глибина оранки, м;

$b_k$  - ширина захвату плужного корпусу, м;

$c$  - поправочний коефіцієнт, який враховує вагу ґрунту на корпусах плуга в залежності від глибини оранки ( $c = 1,1... 1,4$  при  $a = 0,22...0,25$  м);

$q_q$  - вага плуга, яка приходить на один плужний корпус кН/м:

$$q_q = \frac{G_{nl}}{n_k}, \quad (4.26)$$

де  $G_{nl}$  - вага плуга, кН;

$n_k$  - число корпусів плуга;

$q_q$  - відношення ваги додаткової машини до її конструктивної ширини захвату, кН/м;

$$q_q = \frac{G_{mq}}{b_{mq}}, \quad (4.27)$$

де  $G_{mq}$  - додаткової робочої машини, кН;

$b_{mq}$  - конструктивна ширина захвату додаткової машини, м.

2.5. Визначити число плужних корпусів, які формально завантажать трактор на вибраній передачі:

$$n'_k = \frac{(P_{mn} - G_{mp} \sin a) \xi_{pn}}{R'_k}, \quad (4.28)$$

де  $G_{mp}$  - експлуатаційна вага трактора, кН;

$\xi_{pn}$  - раціональне значення коефіцієнта використання номінальної сили тяги для заданої роботи і марки трактора.

Результат розрахунку округлити до цілого меншого числа ( $n_k^0$ ).

2.6. Визначити число додаткових машин в агрегаті

$$n_{mq} = n_k^0 \frac{b_k}{b_{mq}}, \quad (4.29)$$

результат округлити до цілого більшого числа.

2.7. Визначити сумарний тяговий опір робочої частини агрегату:

$$R_a = k_{vnl} \cdot b_k \cdot a \cdot n_k^0 \pm G_{nl} \cdot c \cdot \sin a + (k_{vq} b_{mq} \pm G_{mq} \sin a) n_{mq} \quad (4.30)$$

(знак "+" в формулі береться для випадку руху на підйом, знак "-" під ухил).

де  $G_{mq}$  - вага додаткової робочої машини, кН;

$b_{mq}$  - конструктивна ширина захвату додаткової машини, м.

2.8. Оцінка тягового розрахунку складу агрегату виконується згідно з "Методикою визначення складу простого причіпного тягового агрегату".

#### **2.4. Начіпний тяговий агрегат**

*Вихідні дані:*

Технологічна операція та агротехнічні вимоги до її виконання.

Умови роботи (конфігурація і розміри робочої ділянки рельєф, агрофон, тип ґрунту, його різновид, глибина обробітку).

*Порядок виконання роботи*

1. Марку трактора і робочої машини вибрати згідно умов роботи і агротехнічних вимог до її виконання.

2. Відповідно до агротехнічних вимог, які пред'являються до операції, визначити робочу швидкість агрегату, для чого виконати такі пункти:

2.1. Встановити діапазон агротехнічно-допустимих робочих швидкостей для сільськогосподарські машин, які виконують основну технологічну операцію.

2.2. Вибрати питомий тяговий опір ( $k_o$ ) робочих машин (основних  $k_{om}$  додаткових  $k_{oq}$ ) при швидкості  $V_0 = 5 \text{ км/год}$ .

2.3. Із тягової характеристики трактора заданої марки в режимі експлуатації  $N_m = N_{m,max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які за чисельним значенням швидкості входять в діапазон агротехнічно-допустимих швидкостей. З метою раціонального, використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач використовується для розрахунків та, на якій трактор розвиває найбільшу Потужність ( $N_{m,max}$ ). Робоча швидкість ( $V_{pn}$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{m,n}$ ) цієї передачі тепер є основними параметрами для подальшого розрахунку.

*При відсутності тягових характеристик передачі для руху трактора вибирають із його технічних характеристик з умовою, що по чисельному значенню швидкості вони входять в діапазон агротехнічно-допустимих. Величину тягового зусилля трактора на вибраних, передачах для заданих умов роботи (агрофон, ухил місцевості і т. ін) визначають із рівняння балансу сил (методика сили тяги).*

*Робочу швидкість руху ( $V_p$ ) визначають із залежності, яка приведена в методиці визначення складових балансу потужності.*

*Величина буксування ( $\delta$ ) в залежності від тягового зусилля ( $P_m$ ), типу ходового апарату трактора і заданих ґрунтових умов ( $\mu$ ) визначається із номограми.*

3. Визначити питомий тяговий опір робочих органів машин (для випадку  $V_p > V_0$ ).

Для плугів із звичайними корпусами розраховується по формулі:

$$k_{vnn} = k_{onl} \left[ 1 + 0,006(V_p^2 - V_0^2) \right]$$

Для плугів із швидкісними корпусами розраховується по формулі:

$$k_{vnl} = k_{onl} \left\{ 1 + 0,004[(V_p - 2)^2 - V_0^2] \right\}$$

Швидкість руху агрегатів з плугами, що мають звичайні корпуси, знаходиться в межах 4...7,5 км/год, а із швидкісним корпусами – 8...12 км/год.

Для машин поверхневого обробітку ґрунту питомий тяговий опір ( $K_m$ ) розраховується так:

$$k_{vm} = k_{om} \cdot \left[ 1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C_m}{100} \right],$$

де  $\Delta C_m$  - темп зростання питомого тягового опору для додаткових машин, %.

4. Визначити тяговий опір агрегату.

Для оранки:

$$R_{nl} = k_{v.nl} b_k a \pm n_k \pm G_{nl} (\lambda_d f_{mp} \pm \sin a), \quad (4.31)$$

де  $b_k$  - ширина захвату плужного корпусу, м;

$n_k$  - кількість корпусів плуга, шт;

$a$  - глибина оранки, м;

$G_{nl}$  - вага плуга, кН;

$f_{mp}$  - коефіцієнт опору кочення трактора;

$\lambda_d$  - коефіцієнт, який враховує масу і вертикальні складові тягового опору начіпної робочої машини, які діють на ходову систему трактора

( $\lambda_d = 1, 2 \dots 1, 6$ ). Більше із цих використовуються при розрахунку оранки вологих ґрунтів.

Для поверхневого обробітку ґрунту:

$$R_a = k_{v.m} b_m \pm G_m (\lambda_d f_{mp} \pm \sin a), \quad (4.32)$$

де  $b_m$  - ширина захвату машини, м;

$G_m$  - вага машини, кН;

$\lambda_d = 1, 1 \dots 1, 15$  - більше значення приймається для анкерних сошників і стрілочатих лап.

Оцінка тягового розрахунку складу агрегату виконується згідно з "Методикою визначення складу простого причіпного тягового агрегату".

## 2.5 Тягово-привідний агрегат

*Вихідні дані:*

Технологічна операція та агротехнічні вимоги до її виконання.

Умови роботи (конфігурація і розміри робочої ділянки рельєф, агрофон,

тип ґрунту, його різновид, глибина обробітку).

*Порядок виконання роботи*

1. Марку трактора і робочої машини вибрати згідно умов роботи і агротехнічних вимог до її виконання.

2. Відповідно до агротехнічних вимог, які пред'являються до операції, визначити робочу швидкість агрегату, для чого виконати такі пункти:

2.1. Встановити діапазон агротехнічно-допустимих робочих швидкостей для сільськогосподарських машин, які виконують основну технологічну операцію.

2.2. Вибрати питомий тяговий опір ( $\kappa_o$ ) робочих машин (основних

$k_{om}$ , додаткових  $k_{oq}$ ) при швидкості  $V_0 = 5 \text{ км/год}$ .

2.3. Із тягової характеристики трактора заданої марки в режимі експлуатації  $N_m = N_{m.max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які за чисельним значенням швидкості входять в діапазон агротехнічно-допустимих швидкостей. З метою раціонального, використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач використовується для розрахунків та, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{m.max}$ ). Робоча швидкість ( $V_{pn}$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{m.n}$ ) цієї передачі тепер є основними параметрами для подальшого розрахунку.

При відсутності тягових характеристик передачі для руху трактора вибирають із його технічних характеристик з умовою, що по чисельному значенню швидкості вони входять в діапазон агротехнічно-допустимих. Величину тягового зусилля трактора на вибраних передачах для заданих умов роботи (агрофон, ухил місцевості і т. ін) визначають із рівняння балансу сил (методика сили тяги).

Робочу швидкість руху ( $V_p$ ) визначають із залежності, яка приведена в методиці визначення складових балансу потужності.

Величина буксування ( $\delta$ ) в залежності від тягового зусилля ( $P_m$ ), типу ходового апарату трактора і заданих ґрунтових умов ( $\mu$ ) визначається із номограми.

1. Визначити питомий тяговий опір робочих органів машин (для випадку  $V_p > V_0$ ) розраховується по формулі:

$$k_v = k_o \cdot \left[ 1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C}{100} \right],$$

де  $\Delta C$  - темп зростання питомого тягового опору для додаткових машин,

4. Визначити приведений тяговий опір агрегату:

$$R_{a.np} = R_m + P_{np},$$

де  $R_m$  - тяговий опір робочої машини, величина якого залежить як від конструкції робочих органів, так і від особливостей конструкції самої машини:

- причіпні машини, які обладнані кузовом (ємкістю) для поверхневого внесення добрив і обпилювання:

$$R_m = (G_m + Q_{sp})(f_m \pm \sin a); \quad (4.33)$$

- причіпні машини, які обладнані кузовом (ємкістю) для внесення в шар ґрунту добрив і для висіву насіння (сівалки):

$$R_m = k_v B_m + (G_m + Q_{sp})(f_m \pm \sin a); \quad (4.34)$$

- начіпні саджалки, сівалки:

$$R_m = k_v B_m + (G_m + Q_{zp})(f_{mp} \lambda_d \pm \sin a); \quad (4.35)$$

- причіпні машини для збирання зернових, технічних і кормових культур (косарки, жатки, комбайни):

$$R_m = k_v B_m + G_m (f_m \pm \sin a); \quad (4.36)$$

- начіпні машини для збирання зернових (косарки, жатки і ґрунтообробні агрегати):

$$R_m = k_v B_m + G_m (f_{mp} \lambda_d \pm \sin a), \quad (4.37)$$

де  $B_m$  - ширина захвату машини, м;

$G_m$  - вага машини, кН;

$Q_{zp}$  - вага технологічного вантажу в кузові (ємкості), кН;

$f_m$  - коефіцієнт опору кочення машини;

$f_{mp}$  - коефіцієнт опору кочення трактора;

$\lambda_d$  - коефіцієнт довантаження, який враховує масу і вертикальні складові тягового опору начіпної робочої машини, які діють на ходову систему трактора 1,1...1,2). Більше із цих значень відповідає роботі на важких ґрунтах. Опір, що виникає в результаті передачі потужності на привід робочих органів від ВВП трактора ( $P_{np}$ ) для машин по внесенню добрив, обприскувачів, сівалок, саджалок, косарок, жаток і ґрунтообробних агрегатів розраховується за формулою:

$$P_{np} = \frac{3,6 N_{ВВП} \eta_{mp}}{V_p \eta_{ВВП}}$$

Для комбайнів по збиранню (кукурудзи, картоплі, гички трав), прес-підбирачів, косарок-підбирачів-подрібнювачів:

$$P_{np} = \frac{3,6(N_{xx} + N_y q_m) \eta_{mp}}{V_p \eta_{ВВП}}. \quad (4.38)$$

Для бурякозбиральних комбайнів:

$$P_{np} = \frac{3,6(N_{xx} + N_p q_p) \eta_{mp}}{V_p \eta_{ВВП}} \quad (4.39)$$

де  $N_{ВВП}$  - потужність яка передається на привід робочих органів від ВВП трактора, кВт;

$N_{xx}$  - потужність, яка витрачається на холостий хід механізмів комбайна, кВт;

$N_y$  - питома потужність, яка необхідна для переробки 1кг маси за 1с, кВт с/кг;

$N_p$  - потужність, що необхідна на обробіток одного рядка цукрового буряка:

$q_m$  - пропускна здатність основного робочого органу Машини кг/с;

$n_p$  - кількість рядків;

$\eta_{ВВП}$  - коефіцієнт корисної дії приводу ВВП ( $\eta_{ВВП} = 0,94 \dots 0,96$ );

$\eta_{тр}$  - ККД трансмісії трактора (методика розрахунку сили тяги).

5. Оцінка тягового розрахунку складу агрегату виконується згідно з "Методикою визначення складу простого причіпного тягового агрегату".

### 3. Методики вибору раціональних режимів роботи МА

(II варіант)

#### 3.1. Самохідний агрегат

*Вихідні дані:*

Технологічна операція та агротехнічні вимоги до її виконання.

Умови роботи (конфігурація і розміри робочої ділянки, рельєф, агрофон, тип ґрунту, його різновид, урожайність культури).

*Порядок виконання роботи*

1. Марку комбайну вибрати згідно умовам роботи і агротехнічний вимог до її виконання.

2. Для вибору оптимального швидкісного режиму роботи необхідно з урахування факторів, які впливають на технологічний процес, визначити *гранично допустимі швидкості руху агрегату:*

2.1. Максимально допустима швидкість руху агрегату виходячи із пропускної здатності основного робочою органу км/год:

для зерно-кукурудзо-кормозбирального комбайну:

$$V_{прз} = \frac{3,6q_m}{B_p H}, \quad (4.40)$$

де  $H$  - урожайність культури з урахуванням основної і додаткової продукції,  $t/га$ :

$$H = H_s(1 + \delta_c), \quad (4.41)$$

де  $H_s$  урожайність основної продукції,  $t/га$ ;

$\delta_c$  - солонистість (відношення маси соломи до маси зерна).

Ширина захвату ( $B$ ) самохідних агрегатів залежить від особливостей конструкції (параметри барабану для обмолоту і органів сепарації) та їх умов роботи (від стану матеріалу, що підлягає обробці та його кількості):

$$B_p = \frac{10q_c}{H_s(1 + \delta_c)}, \quad (4.42)$$

де  $q_c$  - маса погонного метра валка,  $кг/м$ .

Ширину захвату жатки комбайна вибирають з таким розрахунком, щоб для даного стану хлібостою забезпечити повне завантаження молотарки. Оптимальна маса їм валка, в свою чергу, залежить від фактичної пропускної здатності молотарки комбайна ( $q_m$ ) і швидкості руху агрегату для даних умов:



$$q_g = \frac{3,6q_m}{V_p}, \quad (4.43)$$

де  $q_m$  - пропускна здатність основного робочого органу агрегату, кг/с;

Фактична пропускна здатність молотарки комбайна залежить від соломистості, вологості хлібної маси та її засміченості. Пропускна здатність для соломистості  $\delta_c=1,5$ , вологості рослинної маси 15... 18% і швидкості руху  $V_p = 3...4$  км/год. Для картоплезбиральних комбайнів:

$$V_{p.нр} = \frac{3,6q'_m}{k_{зр} a B_p \gamma_m}, \quad (4.44)$$

де  $q'_m$  - допустима подача маси, кг/с;

$k_{зр}$  - коефіцієнт гребнистості поверхні поля (0,5);

$a$  - глибина ходу робочого органу у ґрунті, м ( $a = 0,06...0,1$  м);

$\gamma_m$  - об'ємна маса картоплі, кг/м<sup>3</sup>.

Для бурякозбиральних комбайнів швидкісний режим роботи встановлюється з урахуванням агротехнічно-допустимих швидкостей руху.

2.2 Для вияву можливостей роботи агрегату на швидкості й при допустимій по використанню потужності двигуна комбайна необхідно розрахувати втрати потужності:

$$N_{ев} = N_{еф} + N_{нр} \quad (4.45)$$

де  $N_{еф}$  - ефективна фактична потужність двигуна, яка витрачається на тягу і переміщення агрегату, кВт:

$$N_{еф} = \frac{G_a (f_a + \sin a) V_{пнр}}{3,6\eta_{тп}}, \quad (4.46)$$

де  $G_a$  - загальна вага агрегату, кН:

- для зернозбирального комбайну без подрібнювача:

$$G_a = G_k + 0,5\gamma_z V_o g + 0,5\gamma_c V_k g, \quad (4.47)$$

- для зернозбирального комбайну з подрібнювачем:

$$G_a = G_k + 0,5\gamma_z V_o g + 0,5\gamma_c V_n g + G_n, \quad (4.48)$$

де  $G_k$  - вага комбайна, кН;

$G_n$  - вага причепа, кН;

$V_o, V_k, V_n$  - відповідно об'єм бункера, копнувача, причепа, м<sup>3</sup>;

$\gamma_z, \gamma_c$  - відповідно, об'ємна маса зерна та соломи, т/м<sup>3</sup>;

$g$  - прискорення сили земного тяжіння, ( $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>);

$f_a$  - коефіцієнт опору кочення агрегату;

$\eta_{тп}$  - ККД трансмісії комбайну:

$$\eta_{тп} = \eta_m + \eta_n, \quad (4.49)$$

$\eta_m$  - механічний ККД зубових передач ( $\eta_m = 0,85$  - для комбайна);

$\eta_n$  - ККД клинопасової передачі ( $\eta_n = 0,90- 0,98$ );

$N_{np}$  - потужність, яка витрачається на привід робочих органів (холостий хід –  $N_{xx}$ ) і обробіток маси матеріалу, *кВт*:

$$N_{np} = N_{xx} + 0,1N_y q_m, \quad (4.50)$$

де  $N_{xx}$  - потужність, яка втрачається на холостий хід агрегату, *кВт*;

$N_y$  - питома потужність, яка необхідна для обробітку 1 кг маси за 1 с, *кВтс/кг*.

При  $N_e < N_{en}$  агрегат повинен працювати на швидкості не більшій, ніж  $V_{p.np}$ .

Якщо  $N_e > N_{en}$ , то необхідно визначити максимально можливу швидкість руху агрегату виходячи з загрузки двигуна.

**2.3 Максимально можлива швидкість агрегату, яка обумовлена потужністю двигуна:**

- для зернозбирального, кукурудзозбирального, кормозбирального, картоплюзбирального комбайнів

$$V_{PN} = \frac{3,6(N_{en} - N_{xx})}{\frac{G_a(f_a \pm \sin a)}{\eta_{mp}} + \frac{N_y B_p \eta_\delta}{10}}, \quad (4.51)$$

де  $N_{en}$  - номінальна потужність двигуна комбайна; *кВт*;

- для бурякозбиральних комбайнів:

$$V_{PN} = \frac{3,6(N_{en} - N_{xx})\eta_{mp}\eta_\delta}{G_a(f_k \pm \sin a)}, \quad (4.52)$$

де  $N_p$  - потужність,  $B_k$  витрачається на обробіток одного рядка, *кВт*;

$n_p$  - кількість рядків, яка збирається;

$\eta_{mp}$  - ККД трансмісії комбайну (КС -  $\eta_{mp} = 0,8$ ; РКС -  $\eta_{mp} = 0,95$ );

$G_k$  - тип а комбайну, кН;

$\eta_\delta$  - коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування ( $\eta_\delta = 0,80- 0,88$ ).

**3. Вибір режиму роботи.**

Порівнюючи розраховані швидкості, вибирають серед них меншу для подальших розрахунків.

### **3.2. Транспортний (тракторний) агрегат**

*Вихідні дані:*

Вид вантажоперевезень (клас вантажу).

Дорожні умови (група доріг).

*Порядок виконання роботи*

1. Згідно з видом вантажоперевезень і дорожніми умовами вибрати

трактор і причеп.

Найбільший вплив на режим роботи здійснюють тягові можливості тракторів і експлуатаційні властивості причепів. Колісні трактори, які використовуються для транспортних робіт, мають одну-дві транспортні швидкості. Але не завжди робота на транспортних швидкостях забезпечує максимальну продуктивність агрегату. Робота на менших швидкостях, яким відповідає максимум тягової потужності і ККД трактора, дає можливість збільшити масу вантажу для транспортування.

Більш високі швидкості, в тому числі і транспортні, слід використовувати для буксирування трактором порожніх причепів. Тому, якщо по стану дорожніх умов і наявності причепів можливість повністю загрузити трактор на швидкості, якій відповідає його максимальну тягову потужність, то агрегат слід комплектувати із розрахунку тягового зусилля на цій швидкості.

2. Визначити розрахункове тягове зусилля, яке необхідне для подолання підйому при зрушенні з місця з урахуванням дорожніх умов:

$$P_{mp} = G_{mp} [f_{mp}(a_{mp} - 1) + \sin a] + G_{np.p}(f_{np}a_{np} + \sin a), \quad (4.53)$$

де  $G_{mp}$  - вага трактора,  $\kappa H$ ;

$f_{mp}$  - коефіцієнт опору кочення трактора;

$f_{np}$  - коефіцієнт опору кочення причепа;

$a_{mp}, a_{np}$  - коефіцієнти підвищення опору руху при зрушенні з місця, відповідно, трактору та причепу;

$G_{np.p}$  - вага причепа з вантажем,  $\kappa H$ .

$$G_{np.p} = G_{np} + Q_{ep}, \quad (4.54)$$

де  $G_{np}$  - вага не завантаженого причепа,  $\kappa H$ ;

$Q_{ep}$  - вага вантажу в причепі визначається по залежності:

$$Q_{ep} = V \gamma_{ep} a_{np} g, \quad \kappa H \quad (4.55)$$

де  $V$  - об'єм кузова,  $m^3$ ;

$\gamma_{ep}$  - об'ємна маса вантажу,  $t/m^3$ ;

$g$  - прискорення сили земного тяжіння,  $m/s^2$ ;

$a_{np}$  - коефіцієнт використання об'єму кузова:

приймають:

- для причепів з основними бортами -  $a_{np} = 1$ ;

- для причепів з надставними бортами -  $a_{np} = 0,8$ .

Таблиця 4.1

Коефіцієнти підвищення опору руху колісного фактора ( $a_{mp}$ ) і причепа ( $a_{np}$ ) при зрушенні з місця в залежності від дорожніх умов

Група доріг	$a_{mp}$	$a_{np}$
I	2,48	1,5...1,8

II	1,84	1,76
III	2,12	1,87

3. Передача, яка необхідна для подолання підйому при зрушенні з місця, вибирається по розрахунковому тяговому зусиллю ( $P_{mp}$ ) з тягової характеристики трактора в режимі експлуатації  $N_m = N_{m.max}$  для відповідних дорожніх умов. Номінальне тягове зусилля вибраної передачі повинно бути більшим, ніж розрахункове:  $P_{mn} \geq P_{mp}$ .

4. При виконанні транспортних робіт виникають незадовільні дорожні умови, які створюються в результаті впливу природно-кліматичних факторів Розрахунок складу тракторного агрегату в таких умовах необхідно виконувати не тільки по потужності двигуна, а і по силі зчеплення ведучих коліс з ґрунтом.

Достатність сили зчеплення на вибраній передачі перевіряють, користуючись наступною умовою:

$$F_{zmax} - G_{mp} (f_{mp} a_{mp} + \sin a) \geq G_{np} (f_{np} a_{np} + \sin a), \quad (4.56)$$

де  $F_{zmax}$  - макс. сила зчеплення ведучих коліс з ґрунтом, кН. Для трактора з причепом розраховується по формулі

$$F_{zmax} = G_3 \mu$$

Для трактора з напівпричепом:

$$F_{zmax} = (G_3 + \frac{L_{mp} + l_{np}}{L_{mp}} Q_d) \mu, \quad (4.57)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом, який залежить від дорожніх умов;

$Q_d$  - додаткове навантаження, що передається від напівпричепи на причіпну скобу трактора, кН;

$l_{np}$  - відстань від причіпної скоби до осі задніх коліс трактора по горизонталі, м (для тракторів з однією ведучою віссю - це кінематична довжина трактори);

$L_{mp}$  - повздовжня база трактора, м;

$G_3$  - зчіпна вага трактора, кН:

- гусеничного, або трактора з двома ведучими мостами розраховується по формулі:

$$G_3 = G_{mp} \cos a$$

- для колісного трактора з однією ведучою віссю розраховується по формулі

$$G_3 = \frac{G_{mp} (L - a) \cos a + M}{L_{mp}}.$$

де  $a$  - відстань від центру тяжіння трактора до вертикальної площини, яка проходить через геометричну вісь кочення ведучих коліс,

$M$ ;

$M_o$  - крутний момент на ведучих колесах трактора,  $\kappa H м$ :

$$M_o = 0,159 \frac{N_{en} I_{mp} \eta_{mp}}{n_n}, \quad (4.58)$$

де  $N_{en}$  - номінальна ефективна потужність двигуна,  $\kappa Bm$ ;

$I_{mp}$  - передаточне число трансмісії на обраній передачі;

$n_n$  - номінальна частота обертання колінвала двигуна,  $e^{-1}$ ;

$\eta_{mp}$  - ККД трансмісії трактора (методика розрахунку сили тяги)

Таблиця 4.2

Відстань від причіпної скоби до осі задніх коліс ( $l_{np}$ )

Марка трактора	T-25	T-40	MT3-82	T-150K	K-701
$l_{np}$	0,85	1,00	1,06	1,025	1,125

Якщо вище приведена умова не виконується, то необхідно: збільшити силу зчеплення ( $F_{зmax}$ ) за рахунок підвищення зчіпних властивостей трактора шляхом включення ГЗВ, блокування диференціалу, навішування баластних вантажів (але тільки на надійних, тривких фунтах), агрегування причепів з ведучими осями, а також одноосних - які створюють додаткове навантаження на ведучу вісь трактора в силу особливостей своєї конструкції і, на, кінець, - заміною причепа на менший по кількості вантажу.

5. Умовою прохідності транспортного тракторного агрегату при подоланні важко прохідних ділянок шляху може бути нерівність:

$$\frac{G_3}{G_{нгр}} \geq \frac{f_{np} \pm \sin a}{\mu}. \quad (4.59)$$

Якщо приведена умова не виконується, то необхідно замінити причіп на менший або збільшити зчіпну вагу трактора ( $G_3$ )

### 3.3. Транспортний (автомобільний) агрегат Вихідні дані:

Вид вантажоперевезень (клас вантажу)- Дорожні умови (група доріг).

#### Порядок виконання роботи

1. Згідно з видом вантажоперевезень і дорожніми умовами вибрати автомобілі і, при необхідності, причеп.

Склад агрегату (кількість причепів) і швидкісний режим його визначають, виходячи із динамічних властивостей автомобіля, які враховують тягові можливості двигуна:

$$D = \frac{P_o - P_w}{G_a}. \quad (4.60)$$

Це рівняння можна розв'язати відносно допустимої ваги ( $G_a$ )

автомобіля чи автопоїзда. Для заздалегідь вибраної передачі автомобіль повинен мати запас динамічного фактору 1...1,5%, а підйоми на шляху долати на другій передачі.

Для вантажних автомобілів типу 4К2 максимальне значення динамічного фактора ( $D_{max}$ ) на першій передачі знаходиться в межах 0,32...0,60.

Дотична сила тяги визначається по залежності:

$$P_{\partial} = 3,6 \frac{N_{en} \eta_{mp}}{V}. \quad (4.61)$$

Сила опору повітряних мас руху автомобіля визначається по залежності:

$$P_{\omega} = C_w F_l \frac{V_a^2}{1,3}. \quad (4.62)$$

де  $C_w$ , - коефіцієнт, що враховує густину повітря і обтікаємість форми автомобіля ( $C_w = 0,07... 0,08$ );

$V_a$  - швидкість руху автомобіля відносно повітряного середовища (враховуючи напрямок та швидкість вітру), км/год;

$F_l$  - площа "лобової" поверхні автомобіля,  $m^2$ ;

$$F_l = Bh, \quad (4.63)$$

де  $B$  - ширина машини,  $m$ ;

$h$  - висота машин,  $m$ .

При швидкості машини до 5 км/год силою  $P_w$  нехтують із-за її незначного впливу.

У практичних, розрахунках опором повітря при  $F_l \leq 10m^2$  та

$V_a < 30$  км/год нехтують.

Між динамічним фактором і параметрами, які характеризують опір рухові автомобіля, існує така залежність:

$$D = \psi \pm \delta_{ep} \frac{j}{g}, \quad (4.64)$$

де  $\psi$  - приведений коефіцієнт опору дороги.

$$\psi = f_a a' \pm \sin a, \quad (4.65)$$

де  $a'$  - коефіцієнт, що враховує додатковий опір, яки виникає при зрушенні з місця і розгоні агрегату до заданої швидкості;

$f_a$  - коефіцієнт опору кочення автомобіля;

$\delta_{ep}$  - коефіцієнт, який враховує опір розгону автомобіля що виникає від дії обертових мас (моменти інерції маховика та інших обертових деталей двигуна і ведучих коліс). Він залежить від величини моментів інерції обертових мас, передаточного числа ( $i_{mp}$ ) і ККД трансмісії ваги автомобіля і радіуса кочення коліс. Найбільш точно

визначити величину коефіцієнта  $\delta_{ep}$  можна лише експериментальним шляхом. Для орієнтовних розрахунків в теорії автомобілів застосовують емпіричні формули: для порожніх автомобілів:

$$\delta_{ep} = 1,04 + 0,05i_{mp}^2, \quad (4.66)$$

для завантажених автомобілів:

$$\delta_{ep} = 1,04 + 0,05i_{mp}^2 \frac{G_a}{G_{a.ep}} \quad (4.67)$$

Для вантажних автомобілів на вищій передачі  $\delta_{ep}=1,08...1,1$ , а на першій  $\delta_{ep}=2,3...2,9$ .

$$j = g \frac{D - \psi}{\delta_{ep}}, \quad (4.68)$$

де  $j$  - лінійне прискорення поступального руху,  $m/s$ .

Щоб розрахувати максимальне прискорення ( $j_{max}$ ) автомобіля, краще визначити різницю  $(D - \psi)$  по динамічній характеристиці.

Одержані результати по визначенню допустимої ваги автомобіля (автопоїзда) необхідно перевірити з точки зору можливості їх реалізації по умовам зчеплення з дорогою. Для цього розраховуємо **динамічний фактор по зчепленню**, який обмежується силою зчеплення ведучих коліс з дорогою:

$$\psi \pm \delta_{ep} \frac{j}{g} \leq \frac{F_z - P_{\omega}}{G_a}. \quad (4.69)$$

Максимальна сила зчеплення автомобіля з ґрунтом розраховується по залежності:

$$F_{z_{max}} = G_z \mu_a, \quad (4.70)$$

де  $\mu_a$  - коефіцієнт, зчеплення рушіїв з ґрунтом, який залежить від дорожніх умов автомобіля,  $kH$ :

$$G_z = G_a \cos a. \quad (4.71)$$

Якщо приведена умова не виконується, то необхідно замінити причіп па менший або покращити зчіпні властивості автомобіля.

### Контрольні питання

1. Як порахувати тяговий опір простого причіпного одно машинного агрегату?
2. Як перевірити правильність підбору тягового зусилля трактора?
3. Як порахувати тяговий опір автомобіля?

1. Будько Ю.В. Эксплуатация МТП. / Будько Ю.В. – Минск, Урожай. 1991.-286 с.

## Лекція №5

### Тема: **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МА**

*Мета:* Навчитися визначати продуктивність машинного агрегату, та визначати час чистої роботи.

#### План:

1. Продуктивність М А. Основні поняття та визначення.
2. Фактори, що впливають на продуктивність.
3. Баланс часу зміни.
4. Методика визначення продуктивності МА.
5. Способи збільшення продуктивності.

#### **1. Продуктивність МА. Основні поняття та визначення.**

Продуктивність - один з найважливіших технологічних показників використання машинних агрегатів, від якого в значній мірі залежить ефективність всього сільськогосподарського виробництва.

Продуктивність МА залежить від безлічі факторів, які визначаються як параметрами і режимами роботи самого агрегату (потужність, ширина захвату, швидкість руху і т. ін.), так і природно-виробничими умовами (розміри поля, довжина гону, рельєф, тип ґрунтів, урожайність, рівень організації праці та ін..).

**Продуктивність агрегату** - це об'єм роботи, виконаної агрегатом за певний час з додержанням якості.

За одиницю часу приймається, як правило, година.

Обсяг роботи може вимірюватися в наступних одиницях:

- а) гектарах обробленої площі (оранка, сівба, збирання та ін.);
- б) тоннах виробленої продукції (зерноочистка, силосування та ін.);
- в) тонно-кілометрах (транспортні роботи);
- г) кубічних метрах чи тоннах (навантажувально-розвантажувальні роботи);

д) умовних одиницях (для економічних розрахунків сумарного виробітку тракторів; для оцінки та аналізу рівня використання МТП; для планових розрахунків витрат палива, розрахунків на ремонт та ТО, визначення міжремонтних строків; для оцінки собівартості умовної одиниці роботи).

За одиницю обліку сумарного виробітку тракторів прийнято **умовний еталонний гектар** - це обсяг роботи, рівноцінний оранці одного гектара здавнаорних ґрунтів в еталонних умовах:

питомий опір ґрунтів -  $k_0 = 50 \text{ кН/м}^2$  ;

швидкість руху агрегату -  $V_0 = 5 \text{ км/год}$ ;



глибина оранки –  $a = 0,20...0,22\text{м}$ ;  
 агрофон - стерня зернових;  
 вологість ґрунту -  $20.. .22\%$ ;  
 рельєф - рівний;  
 кут нахилу місцевості - до  $1^\circ$ ;  
 конфігурація поля - правильний прямокутник;  
 довжина гону -  $800\text{м}$ ;  
 висота над рівнем моря -  $200\text{м}$ ;  
 перешкоди та каміння - відсутні.

**Еталонний трактор** - трактор, який виконує обсяг роботи в один умовний еталонний гектар за одну год. Змінного часу. Це трактор з ефективною потужністю двигуна  $55\text{кВт}$  та гаковою потужністю  $35\text{кВт}$ . Таким умовам приблизно задовольняють трактори ДТ-75 і Т-74, що мають виробіток в еталонних умовах, який дорівнює -  $1\text{ у.е. га}$  за  $1\text{ год}$  змінного часу. Коефіцієнт переведення інших основних марок фізичних тракторів в еталоні по своїй суті відповідає годинній продуктивності конкретного трактора в умовних еталонних гектарах, тобто  $K_{\text{тр}} = W_{\text{у.е.га}}$ .

Також введена система коефіцієнтів переведення фізичних тракторів в еталонні і методика перерахунку об'єму механізованих робіт із фізичних одиниць вимірювання в умовні.

Зручність у користуванні цими одиницями обліку сумарного виробітку тракторних робіт полягає в тому, що облік ведеться в нормозмінах і достатньо його перемножити на змінний виробіток в умовних еталонних гектарах, щоб одержати загальний обсяг роботи в умовних одиницях.

Якщо на якусь роботу не встановлена норма виробітку, то переведення в умовні еталонні гектари здійснюють шляхом множення кількості відпрацьованих годин, при виконанні цієї роботи (без урахування простоїв), на годинний еталонний виробіток певного трактора.

$$U_{\text{у.е.га}} = T_{\text{год}} W_{\text{у.е.га}}, \quad (5.1)$$

де  $T_{\text{год}}$  - кількість відпрацьованих годин;

$W_{\text{у.е.га}}$  - годинний еталонний виробіток трактора.

## 2. Фактори, що впливають на продуктивність

*I* - група - вони залежать від експлуатаційних показників агрегату:  $V_p, B_p, N_m, P_m$  і визначають технологічні можливості агрегату;

*II* - група - вони залежать від умов роботи:  $k_0, L_0, C_0, a^0$  і визначають способи руху агрегату, розміри загінок;

*III* - група - вони залежать від рівня організації експлуатації

*машин, форм організації праці, кваліфікації механізаторів.*

Виробничий досвід показує, що чим стабільніші якісні параметри ґрунту, маси технологічних матеріалів і т. ін., тим вища експлуатаційна надійність машин, а відповідно, і можливості ефективного застосування широкозахватних агрегатів. Швидкість агрегату повинна встановлюватись відповідно якісним показникам роботи.

Науково обґрунтований режим робочого дня, який враховує фактор втоми водія - один із резервів приросту продуктивності праці, який часто недооцінюють.

З наведеного видно, що шляхи підвищення продуктивності МТА і транспортних засобів визначаються багатьма, факторами, які тісно пов'язані між собою. Тому виникає виробнича необхідність у проведенні науково-аналітичних досліджень стану цих зв'язків, їх взаємодії. Це успішніше всього можна вирішити, використовуючи методологічні основи системного підходу до підвищення продуктивності машинних агрегатів.

Продуктивність машинного агрегату суттєво залежить від повноти використання часу зміни.

Для характеристики абсолютного використання часу розглянемо у загальному вигляді баланс часу зміни.

### **3. Баланс часу зміни**

Калане часу зміни характеризує розподілення загального часу зміни на окремі складові елементи. Доцільність такого розподілення виходить із прийнятого в сільському господарстві по елементного методу нормування праці, при якому увесь процес трудовитрат розподіляється на найпростіші складові елементи з подальшим вивченням кожного окремого елемента.

Нормативний час зміни майже на всіх сільськогосподарські. операціях дорівнює - 7 годин, а при роботі з ядохімікатами - 6 годин. Час зміни складається із таких елементів:

- час чистої роботи на протязі зміни;
- час на холості повороти, заїзди, переїзди;
- тривалість технологічного обслуговування агрегату (заправка сівалок, очищення робочих органів та ін.);
- тривалість технічного обслуговування трактора;
- час регламентованих перерв на особисті потреби, відпочинок, та ін.

Приведений баланс можна назвати нормативним балансом часу зміни тому що складові балансу використовують при нормуванні польових механізованих робіт (визначення норм виробітку за годину,

або зміну). При технічному нормуванні не враховуються втрати часу, що пов'язані з простоями агрегату із-за технологічних порушень, технічних несправностей машин, організаційних непорозумінь та погодних умов. Аналіз складових часу зміни виконується згідно з коефіцієнтами:

- використання часу зміни  $\tau$ ;
- використання часу руху  $\tau_{рух}$ .

Вагомо впливає на значення коефіцієнта використання часу зміни швидкість руху агрегату. З підвищенням швидкості (при решті однакових умов) коефіцієнт  $\tau$  зменшується. Це пояснюється тим, що на підвищених швидкостях кількість робочих проходів, а отже, і поворотів за зміну зростає пропорційно збільшенню швидкості, а час на кожен поворот агрегату залишається практично майже однаковим. Кількість технологічних зупинок агрегату збільшується пропорційно швидкості руху агрегату. Зниження коефіцієнта  $\tau$  із підвищенням швидкості руху буде тим більше, чим коротша довжина гону. Тому при роботі на підвищених швидкостях слід звертати більшу увагу вибору способу руху і механізації допоміжних операцій; (засипка насіння, добрив, вивантаження т. ін.). Велике значення для зниження часу холостих заїздів скорочення їх довжини шляхом правильного вибору виду повороту, ширини поворотних смуг і швидкості пересування агрегату на повороті.

Із збільшенням довжини гонів коефіцієнт використання часу зміни зростає.

У реальних умовах експлуатації машин на коефіцієнт  $\tau$  впливає окрім приведених факторів ще значно більша їх кількість. Тому-то у імовірно-статистичному розумінні коефіцієнти використання робочого часу зміни є випадковими величинами, які підкоряються певним законам розподілу.

#### **4. Методика визначення продуктивності МА**

*Вихідні дані:*

Технологічна операція.

Агрегат.

##### *Порядок виконання роботи*

Для визначення продуктивності у всіх її різноманітних проявах необхідно виконати наступні розрахунки:

1. Розрахунок продуктивності по ширині захвату і швидкості руху:

1.1. Визначити теоретичну продуктивність, га/год:

$$W^T = 0,1 \cdot B_k \cdot V_T, \quad (5.2)$$

де  $B_k$  - конструктивна ширина захвату, м (із технічної характеристики);

$V_T$  - теоретична швидкість руху, км/год (із технічної характеристики), Визначити технічну продуктивність: годину,  $га/год$ :

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (5.3)$$

зміну,  $га$ :

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau, \quad (5.4)$$

де робоча ширина захвату буде дорівнювати, м:

$$B_p = B_k \beta, \quad (5.5)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт використання ширини захвату (табл. 5.3).

$V_p$  - робоча швидкість руху, км/год (із розрахунку режиму роботи, розділ 4);

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (5.6)$$

де  $T_{зч}$  - нормативний час зміни, год (при роботі майже на всіх сільськогосподарські операціях дорівнює 7 год; при роботі з ядохімікатами - 6 год). Час зміни складається із таких елементів:

$$T_{зм} = T_p + T_x + T_{mo} + T_m + T_{on} \quad (5.7)$$

де  $T_p$  - час чистої роботи на протязі зміни, год;

$T_x$  - час на холості повороти, заїзди, переїзди, год;

$T_m$  - тривалість технологічного обслуговування агрегату (заправка сівалок, очищення робочих органів т. д.), год;

$T_{mo}$  - тривалість технічного обслуговування трактора, год;

$T_{on}$  - час регламентованих перерв на особисті потреби, відпочинок та іш., год.

Сума ( $T_p + T_x$ ) являє робочою час технологічного руху ( $T_{рух}$ ), а сума ( $T_{mo} + T_m + T_{on}$ ) - час регламентованих зупинок ( $T_z$ ) тобто непродуктивні витрати часу. Для розрахунків можна прийняти:

$$T_m = (2-3\%) T_{зм}$$

$$T_{mo} = (2-3\%) T_{зм}$$

$$T_{on} = (2-3\%) T_{зм}$$

Співвідношення часу чистої роботи ( $T_p$ ) і часу на холості повороти ( $T_x$ ) повністю характеризують організацію виконання технологічної операції і залежать, в основному, від прийнятого способу руху і виду повороту. (Формули для розрахунку приведені в «Методиці вибору ефективного способу руху» 5.36...5.54).

2. Розрахунок продуктивності по потужності і питомому тяговому опорі.

2.1. Визначити продуктивність по затратам потужності на виконання корисної роботи (на тягу робочих машин і подолання опору їх робочих органів):

$$W_{zod.N} = 0,36N_T \cdot \beta \cdot \tau \cdot \frac{1}{k_v}, \quad (5.8)$$

2.2. Визначити продуктивність за максимальною тяговою потужністю трактора:

$$W_{zod.N_T} = 0,36N_{T_{max}} \cdot \xi_{N_T} \cdot \beta \cdot \tau \cdot \frac{1}{k_v}, \quad (5.9)$$

де  $\xi_{N_T}$  - ступінь завантаження трактора за максимальною тяговою потужністю (згідно з «Методикою визначення складу простого причіпного тягового агрегату», формули (4.7...4.9).

2.3. Визначити продуктивність за ефективною потужністю двигуна трактора:

$$W_{zod.N_e} = 0,36N_{en} \cdot \xi_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot \frac{1}{k_v} \quad (5.10)$$

де  $\xi_{N_e}$  - ступінь завантаження трактора за номінальною ефективною потужністю двигуна (згідно з «Методикою визначення складу простого причіпного тягового агрегату»);

$\eta_T$  - тяговий ККД трактора (згідно з "Методикою по визначенню балансу потужності та його складових");

3. Ступінь реалізації технічних можливостей агрегату оцінюється такими показниками:

3.1. Ступінь використання теоретичної продуктивності агрегату:

$$\xi_{WT} = \frac{W_{zod}}{W^T}. \quad (5.11)$$

3.2. Ступінь реалізації теоретичної продуктивності по потужності трактора при корисному використанні його тягової потужності і часу зміни:

$$\xi_{WT_p} = \frac{W_{zod.N}}{W_{zod.N_T}^T}, \quad (5.12)$$

де  $W_{zod.N_T}^T$  - теоретична продуктивність при корисному використанні тягової потужності трактора і часу зміни:

$$W_{zod.N_T}^T = 0,36N_{T_{max}} \cdot \beta \cdot \frac{1}{k_v}, \quad (5.13)$$

3.3. Ступінь реалізації теоретичної продуктивності по потужності

двигуна при корисному використанні його ефективної потужності і часу зміни:

$$\xi_{W\partial\partial} = \frac{W_{\partial\partial.N}}{W_{\partial\partial.N_e}^T}, \quad (5.14)$$

де  $W_{\partial\partial.N_e}^T$  - теоретична продуктивність при корисному використанні ефективної потужності двигуна і часу зміни:

$$W_{\partial\partial.N_e}^T = 0,36N_{eu} \cdot \beta \cdot \frac{1}{k_v}. \quad (5.15)$$

## 5. Способи збільшений продуктивності

Із аналізу формули продуктивності виходить, що існує два способи її підвищення:

- збільшення ширини захвату;
- збільшення швидкості руху.

При збільшенні ширини захвату значно зростає тяговий опір машин ( $R_a = k_v \cdot B$ ), для подолання якого необхідно збільшити тягове зусилля трактора, що в свою чергу призведе до збільшення маси трактора ( $R_m = k \cdot m_e$ ). Загально відомо, що при сучасному рівні розвитку техніки неможливо різко покращити зчіпні властивості рушив, також не змінюючи при цьому вагу трактора.

Тому то, підвищення продуктивності агрегату краще було б шляхом збільшення швидкості руху, яка залежить від потужності двигуна, що встановлено на трактор.

Очевидно, другий спосіб по збільшенню продуктивності більш прийнятний тільки завдяки тому, що не призводить до збільшення матеріалоемності.

Наукові основи підвищення робочих швидкостей тракторів з метою збільшення продуктивності МА опрацьовані академіком В.Н. Болтинським. Принциповою основою підвищення швидкостей МА являється збереження системи агрегування факторі з існуючими робочими машинами, що, в свою чергу, призведе до збереження тягового класу.

Тяговий ККД трактора може залишатися постійним, якщо пропорційно підвищенню швидкості буде збільшено потужність двигуна, при незмінному тяговому зусиллю ( $P_m \approx const$ ):

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e}; \quad \eta_T = \frac{P_T V_{p1}}{3,6N_{e1}} = \frac{P_T V_{p2}}{3,6N_{e2}};$$

Однотипні трактори одного тягового класу з приблизно однаковою вагою в будь-якому випадку мають приблизно однакове тягове зусилля, а

оптимальну швидкість тим вищу, чим більшу потужність матиме двигун. Це означає, що трактори МТЗ-52, МТЗ-82, МТЗ-102 можуть працювати з одним і тим же плугом, але на різних швидкостях. Більш висока швидкість буде у трактора з більш енергонасиченим двигуном.

Але підвищення швидкості може бути ефективним (по Болтинському) в тому випадку, коли залишаться незмінними або покращаться наступні фактори:

- якість виконання робіт;
- тяговий опір робочих машин;
- витрата палива на 1 га;
- тяговий ККД трактора;
- вартість машини;
- умови роботи механізаторів.

В тому випадку, коли хоч би один із показників погіршиться, то такий шлях підвищення продуктивності може виявитись безперспективним.

Підвищення робочих швидкостей МА обмежується не стільки природними факторами, а в більшій мірі рівнем розвитку техніки і її експлуатації.

Шляхи підвищення енергонасиченості і підвищення робочих швидкостей:

- створення форсованих двигунів;
- застосування безступеневих трансмісій;
- опрацювання нових ходових систем.

Зростання енергонасиченості сучасних тракторів потребує встановлення залежності продуктивності МА від потужності трактора та його двигуна і питомого тягового опору робочих машин (формули 5.8...5.10).

### **Контрольні питання**

1. Що таке умовний еталонний гектар?
2. Що таке умовний еталонний трактор?
3. Що таке продуктивність МТА?
4. Як визначається продуктивність МА?
5. Що таке коефіцієнт використання часу зміни?

1 Бондаренко Н.Г. Эксплуатация МТП. / Бондаренко Н.Г. – К.: Вища школа 1984.- 198 с.

2 Иофинов С.А. Эксплуатация МТП. / Иофинов С.А., Лышко Г.П. – М.: Колос, 1984.- 351с.

## Лекція №6

### Тема: КІНЕМАТИКА МАШИННОГО АГРЕГАТУ

Мета: Навчитися оптимально вибирати спосіб руху агрегату, та перевіряти правильність вибраного способу руху

#### План:

1. Основні поняття та визначення.
2. Основні показники, яким оцінюється холостий хід агрегатів.
3. Вибір ресурсоощадливих способів руху МА.
4. Методика визначення основних елементів кінематики МА та вибору ефективного способу руху.

#### **1. Основні поняття і визначення**

**Кінематика агрегату** - це траєкторія руху агрегату при виконанні сільськогосподарські, робіт зору геометричних форм.

Основні елементи кінематики:

- робочий хід (переважно близький до прямолінійного);
- холостий хід - в основному це повороти, заїзди, переїзди.

При виконанні технологічної операції агрегати на полях проходять значні відстані. Так, приклад, при виконанні оранки на полі 100га агрегат ДТ-75+ГШ-4-35 подолає 700-800 км. Із загального шляху приблизно 8-12% відноситься на холостий хід (а на коротких ділянках – до 40%).

В свою чергу, для умови раціонального використання МА бажано щоб холостий рух і відповідні йому втрати часу зміни, а також непродуктивні виграї палива були якомога меншими.

Успішне вирішення цієї актуальної задачі залежить від конструктивних особливостей МА, його маневреності вибраного способу руху і відповідної підготовки поля до виконання роботи.

Закономірність переміщення агрегату по полю в основному визначається геометричними характеристиками агрегату, формою траєкторії, радіусом повороту, видом повороту і т. ін.

Основною задачею кінематики агрегату являється обґрунтування методів вибору ефективних способів руху МА і підготовки поля до роботи обов'язковим забезпеченням якості виконаної технологічної операції.

При успішному вирішенні задач кінематики агрегатів буде мати місце ефект примноження показників ресурсозбереження, які закладаються як при комплектуванні МА, так і при виборі способу його руху. В протилежному випадку переваги оптимального складу агрегату і



режимів його роботи будуть втрачені частково, або повністю, як по продуктивності, так і по ресурсозбереженню. Для того щоб оцінити кінематичну досконалість скомплектованого агрегату, який має свої розміри, і виконує технологічну операцію на конкретній робочій ділянці, необхідно знати деякі кінематичні параметри агрегату і геометричні параметри ділянки. *Вибір способу руху визначається:*

- *якістю виконання робіт і залежить від:*
- *розміру ділянок та їх особливостей;*
- *зручністю технологічного обслуговування агрегату.*

При однаковій якості виконаної роботи та інших рівних умовах перевага віддається способу руху, який забезпечує найменші втрати часу зміни, палива і інших ресурсів на холості повороти агрегату.

## **2. Основні показники, якими оцінюється холостий хід агрегатів**

При кількісній оцінці різних способів руху використовують такі основні показники холостого ходу МА:

- довжина холостого ходу агрегату ( $L_x$ );
- витрата часу зміни на холості ходи ( $T_x$ );
- витрата палива при виконанні холостих ходів ( $Q_x$ );
- коефіцієнт робочих ходів ( $\varphi$ );
- коефіцієнт використання часу руху ( $\tau_{рух}$ ).

В фізичному розумінні коефіцієнт робочих ходів являє собою кінематичний ККД, оскільки він характеризує ступень корисного використання агрегатом пройденого шляху в процесі виконання роботи.

Коефіцієнт робочих ходів зростає при збільшенні довжини гону і меншає при зменшенні радіуса повороту і довжини виїзду агрегату.

Найбільший вплив на розмір коефіцієнта  $\varphi$  має розмір довжини гону ( $L$ ). Ступінь корисного використання часу руху МА характеризується коефіцієнтом використання часу руху.

## **3. Вибір ресурсощадливих способів руху МА**

Для об'єктивного вибору способу руху необхідно враховувати також і додаткові втрати часу зміни і палива, які виникають при виконанні допоміжних операцій.

Способи руху вибирають в процесі кількісного порівняння основних показників холостих ходів агрегатів. Порівняльний аналіз можливих способів руху виконують по екстремальним (максимальним або мінімальним) значенням вище приведених показників, які рекомендуються як критерії оптимальності.

### ***Основні критерії оптимальності:***

- мінімум холостих ходів агрегату:  $S_x \rightarrow \min$ ;

- мінімум сумарних витрат часу на холостий хід агрегату з урахуванням додаткових витрат часу зміни на виконання допоміжних операцій:  $T_x \rightarrow \min$  - мінімум витрат палива на холостий хід агрегату з урахуванням допоміжних операцій:  $O_x \rightarrow \min$ .

Вирішення задачі заключається у визначенні оптимальної ширини заїмки ( $C_{opt}$ ), яка відповідала б критеріям оптимальності, і в подальшому виборі відповідного способу руху агрегату.

А для цього попередньо треба виразити критерії оптимальності в функції: ширини заїмки; кінематичних і режимних параметрів МА і відповідних зовнішніх факторів.

#### **4. Методика визначення основних елементів кінематики МА та вибору ефективного способу руху**

*Вихідні дані:*

Технологічна операція.

Агрегат.

Довжина гону ( $L$ ), м.

Швидкість повороту ( $V_n$ ), км/год.

Вибір способу руху визначається якістю виконання технологічної операції і залежить від:

- складу та виду агрегату;
- розміру ділянок та їх особливостей;
- зручністю технологічного обслуговування агрегату.

При однаковій якості виконаної роботи та інших рівних умовах найкращий спосіб руху приймається по найбільшому коефіцієнту робочих ходів.

Для поля правильної прямокутної конфігурації:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (6.1)$$

де  $L_p$  - довжина одного робочого ходу агрегату, м;

$L_x$  - довжина одного холостого ходу (повороту) агрегату, м.

Для поля неправильної конфігурації:

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x} \quad (6.2)$$

де  $S_p$  - робочих ходів агрегату, м;

$S_x$  - сумарна довжина холостих ходів (поворотів, розворотів) агрегату, м.

Для визначення коефіцієнта робочих ходів необхідно попередньо

розрахувати деякі кінематичні параметри машинного агрегату і геометричні параметри робочої ділянки.

Окрім того, перевага надається такому способу руху, який забезпечує найменші втрати часу зміни на холості ходи (повороти) агрегату.

### Порядок виконання

1. Для заданої операції і конкретного агрегату вибрати найбільш прийнятні способи руху.
2. Вибрати для визначених способів руху відповідні види поворотів.
3. Розрахувати значення наступних параметрів:  
Довжина робочого ходу ( $L_p$ ) визначається за допомогою схеми (рис. 6.1):

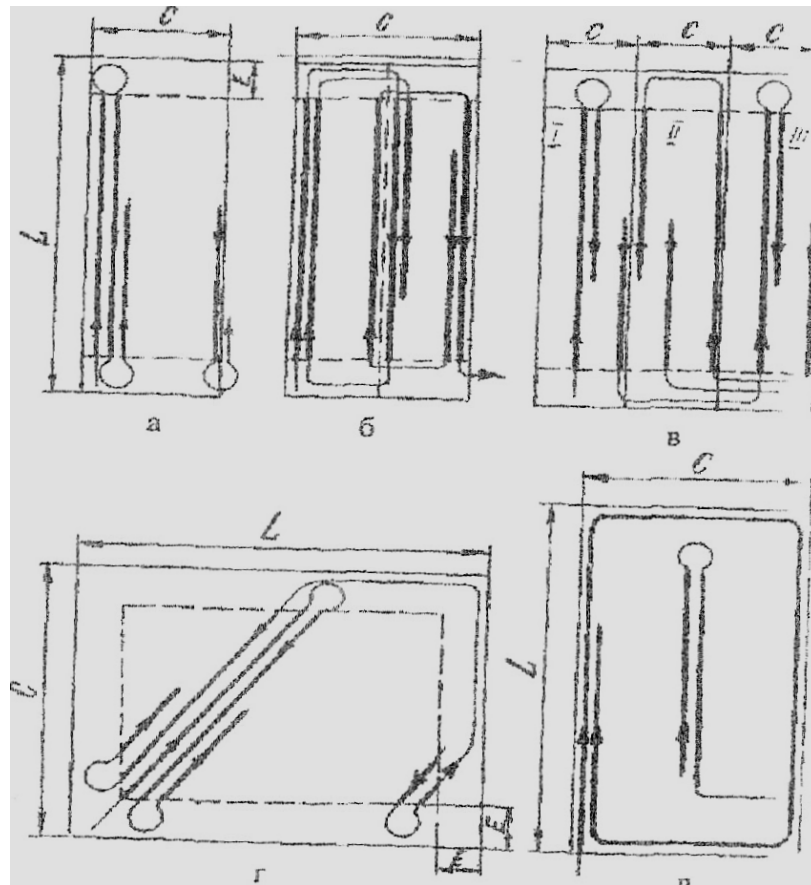


Рис. 6.1 Основні способи руху агрегатів (по напрямку робочих ходів): а) човниковий; б) безпетльовий перекриванням в) комбінований чергуванням всклад, врозгін; г) діагональний; д) круговий.

$$L_p = L - 2E_p. \quad (6.3)$$

Ширина поворотної смуги ( $E_p$ ) визначається за допомогою схеми (рис. 6.2).

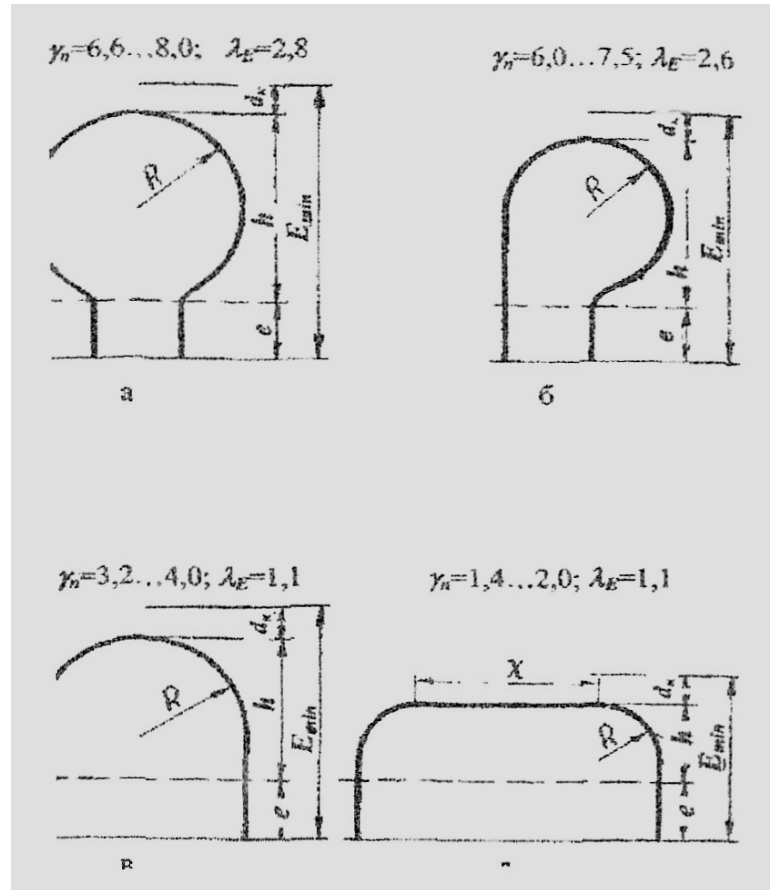


Рис. 6.2 Основні види поворотів агрегатів: петльовий грушовидний; б) петльовий односторонній; в) петльовий по колу; г) безпетльовий з прямолінійним  $m$ .

Мінімальна ширина поворотної смуги, м:

$$E_{\min} = h_n + d_k + e, \quad (6.4)$$

де  $h_n$  - параметр який визначає розміри нетлі повороту, в залежності від радіуса  $R_n$ ;

$$h_n = \lambda_e + R_n, \quad (6.5)$$

де  $\lambda_e$  - коефіцієнт пропорційності, який характеризує параметри повороту (довідковий).

Фактичні значення радіуса повороту агрегату залежать від його конструктивних ( $B$ ) та режимних ( $V$ ) параметрів:

$$R_n = a_R + R_{no}, \quad (6.6)$$

де  $R_{no}$  - мінімальний радіус повороту при швидкості повороту  $V_{no} = 5$  км/год;

$a_R$  - коефіцієнт збільшення радіуса повороту при підвищенні швидкості повороту.

Кінематична ширина агрегату ( $D_k$ ):

$$D_k = v_E + B_k, \quad (6.7)$$

де  $v_E$  - коефіцієнт, який характеризує симетричність агрегату:

- для симетричних агрегатів  $v_E \approx 0,6$ ;
- для несиметричних агрегатів  $v_E \approx 1,2$ ;

$B_k$  - конструктивна ширина захвату агрегату, м (із технічної характеристики).

Довжина виїзду агрегату ( $e$ ) Вона залежить від кінематичної довжини агрегату ( $l_a$ ):

$$e = a_e + l_a, \quad (6.8)$$

де  $a_e$  - поправочний коефіцієнт, який враховує спосіб з'єднання робочих машин з трактором:

- для причіпних агрегатів  $a_e = 0,5 \dots 0,75$ ;
- для начіпних агрегатів із задньою навіскою  $a_e = 0,1 \dots 0,2$ ;

$l_a$  - кінематична довжина агрегату, м:

$$l_a = l_{mp} + l_{зч} + l_M, \quad (6.9)$$

де  $l_{mp}$ ,  $l_{зч}$ ,  $l_M$  - кінематична довжина, відповідно, трактора, зчіпки, с.-г. машин, м.

Раціональна ширина поворотної смуги ( $E_p$ ) повинна бути кратна робочій ширині захвату агрегату для можливості її обробітку цілим числом проходів (без огріхів):

$$E_p = n_\phi \cdot B_p \quad (6.10)$$

де  $n_\phi$  - фактичне число проходів агрегату для обробки поворотної смуги:

$$n_\phi \geq \frac{E_{\min}}{B_p}. \quad (6.11)$$

Результат округлюється до ближнього цілого числа (парного чи непарного). Парність чи непарність числа проходів на поворотній смузі залежить від особливостей виконуваної операції і розташування сусіднього загону, на який повинен переїхати агрегат.

Довжина холостого ходу на поворотах ( $L_x$ ) залежить від складу (одно -, багатомашинний) та виду агрегату (причіпний, начіпний) і конструктивний його параметрів:

$$L_x = L_n \cdot 2e \quad (6.12)$$

де  $L_n$  - довжина нетлі повороту, м:

$$L_n = \gamma_n \cdot R_n, \quad (6.13)$$

де  $\gamma_n$  - коефіцієнт, який враховує співвідношення довжини петлі та радіусу повороту.

Довжина холостого ходу при виконанні безпетльового повороту з прямолінійною ділянкою:

$$L_x = L_n + 2e + \chi, \quad (6.14)$$

де  $\chi$  - довжина прямолінійної ділянки.

Розрахувати коефіцієнт робочих ходів для випадку коли поле має правильну прямокутну конфігурацію.

4. Для розрахунку коефіцієнту робочих ходів ( $\varphi$ ) у випадку коли поле має неправильну конфігурацію необхідно визначити геометричні параметри даного поля.

Важливою умовою виконання деяких технологічних операцій (оранка, збирання культур) являється розбивка поля на загінки.

Визначити ширину загінки. Оптимальну ширину загінки ( $C_o$ ) визначаємо, використовуючи емпіричні формули, що знаходяться в залежності від способів руху агрегату:

- гоновий (всклад)

$$C_o = \sqrt{2(L_p \cdot B_p + 8R_n)}, \quad (6.15)$$

- безпетльовий перекиванням

$$C_o = \sqrt{2(L_p \cdot B_p + 8R_n^2)}, \quad (6.16)$$

- комбінований чергуванням, всклад, врозгін

$$C_o = 2\sqrt{B_p(L_p + 2R_n + 2e) + 4R_n^2}, \quad (6.17)$$

- круговий

$$C_o = (0,15...0,20)L$$

Оптимальна кількість проходів агрегату на одному загоні при цьому визначається за формулою:

$$n_p \geq \frac{C_o}{B_p}. \quad (6.18)$$

Результат округляється до ближньої цілого раціонального значення ( $n_p$ ) парного чи непарного в залежності від прийнятого напрямку виїзду агрегату з загону.

По прийнятому раціональному значенню  $n_p$  визначається раціональна ширина загону, обробіток якого буде виконано цілим числом проходів агрегату:

$$C_p = n_p \cdot B_p. \quad (6.19)$$

Визначити загальну довжину робочих ходів на загоні ( $S_x$ ) для поля неправильної конфігурації:

$$S_p = L_p \frac{C_p}{B_p}, \quad (6.20)$$

де  $L_p$  - довжина робочого ходу агрегату на загоні, м. Визначити загальну довжину холостих ходів ( $S_x$ ). Загальна довжина поворотів з урахуванням допоміжних рухів, призначених для обробітку поворотних

смуг розраховується по одній із формул в залежності від способу руху:

- човниковий

$$S_x = L_{nn} n_{nn} + L_{nn} n_{\phi}, \quad (6.21)$$

- безпетльовий перекриванням

$$S_x = L_{n\delta} n_{n\delta} + L_{nn} n_{\phi}, \quad (6.22)$$

- комбінований, чергуванням: всклад, врозгін

$$S_x = L_{nn} n_{nn} + L_{n\delta} n_{n\delta} + L_{nn} 2n_{\phi}, \quad (6.23)$$

- діагональний

$$S_x = L_{nn} n_{nn} + C_p + \frac{1}{2L}, \quad (6.24)$$

- круговий

$$S_x = 2L_{nn} + 2L_{n\delta}, \quad (6.25)$$

де  $L_{nn}$ ,  $L_{n\delta}$ , - довжина поворотів петльових і безпетльових;

$n_{nn}$ ,  $n_{n\delta}$  - кількість поворотів на загоні петльових і безпетльових;

$n_{\phi}$  - фактичне число проходів при обробітку поворотної смуги.

Розрахувати коефіцієнт робочих ходів для випадку, коли поле має неправильну конфігурацію.

Найкращому способу руху буде відповідати максимальне значення коефіцієнту  $\varphi$ .

5. Кількісну оцінку різних способів руху можна дати, розраховавши коефіцієнт використання часу руху.

$$\tau_{pyx} = \frac{T_p}{T_p + T_x}. \quad (6.36)$$

$$T_x = t_x n_{np}. \quad (6.37)$$

Розраховуємо коефіцієнт  $\tau_{pyx}$  для приведених способів руху. Для тих способів руху, які характеризуються наявністю як петльових так і безпетльових поворотів (наприклад - комбінований всклад і врозгін, або гоновий з розширюванням прогонів) елементи часу руху визначають із співвідношення, яке характеризує коефіцієнт використання часу руху:

$$\tau_{pyx} = \frac{T_p}{T_{pyx}} = \frac{T_p}{T_{зм} - T_з} = \frac{T_p}{T_p - T_x}. \quad (6.38)$$

Розраховуємо час чистої роботи і холостою ходу за зміну:

$$T_p = (T_{зм} - T_з). \quad (6.39)$$

$$T_x = \frac{T_p(1 - \tau_{pyx})}{\tau_{pyx}}. \quad (6.40)$$

Коефіцієнт використання часу руху в значній мірі залежить від

співвідношення швидкостей руху на робочому ході ( $V_p$ ) і на поворотах ( $V_n$ ).

$$\text{При } V_p = V_n : \quad \tau_{pyx} = \phi. \quad (6.41)$$

$$\text{А при } V_p \neq V_n \quad \tau_{pyx} = \frac{\phi \cdot K}{\phi \cdot (K - 1) + 1}, \quad (6.42)$$

$$\text{де} \quad K = \frac{V_n}{V_p}. \quad (6.43)$$

Розраховуємо коефіцієнт для приведених в пункті 5.2 способів руху.

Технологічні операції (наприклад - сівба, внесення добрив, збирання, культур), які виконуються машинами з технологічними ємкостями, погребують визначення тривалості технологічного циклу:

$$t_u = t_p + t_x + t_m, \quad (6.44)$$

де  $t_p$  - час основної роботи в циклі, який дорівнює часу опорожнення ємкості (заповнення бункера), год:

$$t_p = \frac{l_T}{V_p} = \frac{k_3 V_\delta \gamma_{zp}}{B Q_M V_p}, \quad (6.45)$$

де  $l_T$  - шлях опорожнення технологічної ємкості, м;

$k_3$  - коефіцієнт заповнення ємкості;

$V_\delta$  - об'єм технологічної ємкості,  $m^3$  (із технічних характеристик);

$\gamma_{zp}$  - об'ємна маса технологічного матеріалу,  $m/m$ ;

$Q_M$  - норма витрати технологи його матеріалу (для збирання - урожайність культури),  $m/га$ ;

$t_x$  - час поворотів у никлі, год:

$$t_x = \frac{2L_x n_n}{V_x}, \quad (6.46)$$

$n_n$  - кількість поворотів у циклі:

$$n_n = \frac{l_T}{2L_p}, \quad (6.47)$$

$t_m$  - тривалість одного технологічного обслуговування, год (це величина регламентована в залежності від способу обслуговування). Кількість циклів за зміну визначається із залежності:

$$n_u = \frac{T_p + T_x}{t_u} = \frac{T_{3m} + T_3}{t_u}. \quad (6.48)$$

$$\text{Час чистої роботи за зміну: } T_p = t_p n_u \quad (6.49)$$



Час холостого ходу за зміну:  $T_x = t_x n_u$ . (6.50)

Розраховуємо коефіцієнт  $\tau_{рух}$  для приведених способів руху.

### Контрольні питання

1. Назвіть критерії оптимальності.
2. Що таке кінематичний коефіцієнт корисної дії?
3. Навіщо потрібно оптимізувати кінематичні параметри?
4. Які є види поворотів?

1. Гавриш В.І. Основи теорії розрахунку мобільних енергетичних засобів: навчальний посібник / В.І. Гавриш, О.В. Бондаренко. – Миколаїв: МДАУ, 2011. – 284с.

2. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. / Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 288с.

3. Иофинов С.А. Эксплуатация МТП. / Иофинов С.А., Лышко Г.П. – М.: Колос, 1984.- 351с.

4. Иофинов С.А. Справочник по эксплуатации МТП. / Иофинов С.А., Лышко Г.П. и др. М.: Колос, 1984.-294 с.

## Лекція №7

### Тема: ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИТРАТИ НА РОБОТУ АГРЕГАТІВ

Мета: Навчитися визначати експлуатаційні витрати, а також затрати праці при виконанні сільськогосподарської операції.

План:

1. Основні види експлуатаційних витрат
2. Методика визначення експлуатаційних витрат на роботу МА
3. Оптимізація експлуатаційних параметрів агрегатів за критеріями ресурсозбереження
4. Напрямки зниження експлуатаційних витрат на роботу агрегатів

#### 1. Основні види експлуатаційних витрат

Для ефективного функціонування машинних агрегатів необхідно Донести певні витрати різноманітних видів ресурсів, які називаються експлуатаційними. До них відносяться витрати паливно-мастильних матеріалів, енерговитрати, затрати праці і фінансових ресурсів.

Основними оціночними показниками ресурсозбереження агрегатів являються *питомі експлуатаційні витрати* в розрахунку на одиницю обсягу виконаної роботи (грн/м<sup>2</sup>; кг/м<sup>2</sup>; грн./га і т. ін..) або на одиницю кінцевої продукції (грн/т; кг/т; і т. ін.).

Отже, важливо забезпечити функціонування агрегатів з найменшими в заданих умовах питомими експлуатаційними витратами відповідних ресурсів. Для досягнення цієї мети необхідно установити відповідні кількісні співвідношення між експлуатаційними витратами і параметрами агрегатів природно-виробничими факторами

Питомі експлуатаційні витрати тих чи інших ресурсів в розрахунку на одиницю обсягу виконаної роботи в узагальненій формі визначаються віднесенням витрат ресурсів на виробіток агрегатів за конкретний відрізок часу (годину, зміну).

Щоб кваліфіковано керувати механізованим аграрним виробництвом, вміти аналізувати відносні матеріально-енергетичні витрати на одиницю продукції. Так, згідно з даними досліджень ІМЕСГ УААН, для того щоб підвищити урожайність основних культур у 2...2,5 рази, необхідно витратити в 5...6 разів більше енергії. Витрати палива в сільському господарстві України складають 357 кг на 1га ріллі, або близько 52 кг на 1т сільськогосподарської продукції в зерновому еквіваленті, а в більшості розвинених країн показник енергоємності виробництва сільськогосподарської продукції складає 20...25кг/т зернового еквівалента.

Пізнання закономірностей витрат палива дозволить спрямовано

вести пошуки його економного використання.

## 2. Методика визначення експлуатаційних витрат на роботу МА

*Вихідні дані:*

Технологічна операція.

Агрегат.

### *Порядок виконання роботи*

1. Витрати паливно-мастильних матеріалів. Загальна витрата палива за зміну, кг:

$$Q = G_{mp} T_p + G_{mx} T_x + G_{mz} T_z, \quad (7.1)$$

де  $G_{mp}$ ,  $G_{mx}$ ,  $G_{mz}$  - годинна витрата палива на роботу під навантаженням, на холостий хід, на зупинках, кг/год.

Витрата палива на 1 га обробленої площі; кг/га:

$$q_{za} = \frac{Q}{W_{zm}} = \frac{Q}{0,1 B_p V_p T_{zm} \tau}. \quad (7.2)$$

Теж саме в залежності від потужності двигуна; кг/га:

$$q_{za} = \frac{Q k_v}{0,36 N_{en} \xi_{NE} \eta_T \beta T_{zm} \tau}. \quad (7.3)$$

Витрата масел і мастильних матеріалів та палива для запуску двигуна встановлюють в процентному співвідношенні до витрат основного виду палива.

2. Енерговитрати. Розрізняють загальні енерговитрати і питомі. В експлуатаційних розрахунках частіше використовують питомі енерговитрати (питому енергоємність), під якими розуміють витрати механічної енергії на одиницю обсягу робіт (площу т. д). За одиницю вимірювання прийняті  $кВт \cdot год$  або  $Дж$   $1га$ ,  $т$ ,  $т \cdot км$  і т.ін.

Повна питома енергоємність — це загальна витрата механічної енергії на одиницю виконаної роботи (в даному випадку механічна енергія складається із потенціальної енергії палива і всіх витрат енергії в машинах, які входять до складу агрегату);  $Дж/га$ :

$$A_n = H_n \cdot q_{za}, \quad (7.4)$$

де  $H_n$  - питома теплота згорання палива,  $Дж/кг$ :

дизельне паливо -  $4,166 \cdot 10^7$

бензин -  $4,38 \cdot 10^7$

лігроїн -  $4,34 \cdot 10^7$

гас -  $4,29 \cdot 10^7$ .

Якщо врахувати, що  $1 кВт \cdot год \approx 0,36 \cdot 10^7 Дж$ , то повну питому енергоємність можна виразити в  $кВт год/га$ .

Корисна питома енергоємність це витрата механічної енергії на одиницю виконаної корисної роботи трактора під час його робочого ходу,  $кВт \cdot год/га$ :

$$A_n = \frac{N_{np} T_p}{W_{зч}}. \quad (7.5)$$

Відомо, що  $1 кВт \cdot год = 0.36 \cdot 10^7 Дж$ ,  $W_{зч} = 0,36 N_m T_p \frac{1}{k}$  при  $\beta=1$ .

Тоді одержимо:  $A_k = 10^7 k_v$ , Дж/га.

Корисні питомі енерговитрати робочих машин:

$$A_{км} = A_k \cdot \eta_m, \quad (7.6)$$

де  $\eta_m$  - ККД робочих машин.

ККД робочих машин - це змінна величина, яка залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів, характеру технологічного процесу, ваги машини, глибини обробітку, швидкості руху, маси матеріалу, що обробляється і т. ін.

$\eta_m = 0,7..0,8$  - для плугів і лушпильників;

$\eta_m = 0,4..0,6$  - для культиваторів і зубових борін;

$\eta_m = 0,3..0,4$  - для сівалок;

$\eta_m = 0,3$  - для буряко- і картоплезбиральних комбайнів.

Витрати сукупної енергії ( $МДж/га$ ) при роботі машинного агрегату можна визначити за формулою:

$$E = a_n q_{га} + \sum a_{mm} \gamma_m + \frac{a_{mp} m_{mp} + \sum a_m m_m + \sum a_d m_d + \sum a_{он} n_{он}}{W_{год}}, \quad (7.7)$$

де  $a_n$ ,  $a_{mm}$  - енергетичні еквіваленти витраченого палива і технологічних матеріалів,  $МДж/кг$ ;

$q_{га}$ ,  $q_{mm}$  - погектарна витрата палива і технологічних матеріалів,  $кг/га$ ;

$a_{mp}$ ,  $a_m$ ,  $a_d$  - енергетичні еквіваленти години роботи трактора, робочих машин і додаткового обладнання,  $МДж/(кг \cdot год)$ ;

$m_{mp}$ ,  $m_m$ ,  $m_d$  - маса трактора, робочих машин і обладнання,  $кг$  (із технічних характеристик машин);

$a_{он}$  - енергетичний еквівалент години праці персоналу,  $МДж/год$ ;

$n_m$  - кількість працюючих,  $чол.$ ;

$W_{год}$  - продуктивність агрегату за годину змінного часу,  $га/год$ .

### 3. Витрати праці.

Це один з основних показників, що характеризують рівень механізації виконуваних сільськогосподарські. робіт, та один з важливих елементів, які визначають собівартість їх виконання.

Прямі витрати праці на одиницю виробітку, люд·год/га:

$$Z_n = \frac{n_{\text{мех}}}{W_{\text{год}}}, \quad (7.8)$$

$n_{\text{мех}}$  - кількість механізаторів, які обслуговують агрегат, люд;

$W_{\text{год}}$  - продуктивність агрегату за годинну змінного, часу, га/год.

При роботі МА використовують працю не тільки механізаторів, але і допоміжних працівників.

Загальні витрати праці; люд год/га:

$$Z_3 = \frac{n_{\text{мех}} + n_q}{W_{\text{год}}}, \quad (7.9)$$

де  $n_q$  - кількість допоміжних працівників, ЛЮД.

При вирощуванні і збиранні сільськогосподарські. культури витрати праці на 1 га площі визначають шляхом складання витрат праці по всіх видах робіт (люд·год/га):

$$Z_{\text{га}} = \sum Z_i. \quad (7.10)$$

Якщо сумарні витрати праці ( $Z_{\text{га}}$ ) поділити на врожайність сільськогосподарські. культури ( $H$ , т/га), то одержимо **загальні витрати праці на одиницю продукції**; люд·год/т:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{Z_{\text{га}}}{H}. \quad (7.11)$$

Якщо продуктивність агрегату виразити через ширину захвату, швидкість руху, то витрати праці можна розрахувати за формулами:

$$Z_n = \frac{n_{\text{мех}}}{0,1B_p V_p \tau}. \quad (7.12)$$

#### 4. Витрати грошових коштів.

Всі складові елементи експлуатаційних витрат грошових коштів можна розподілити на три групи:

**Перша** - група витрат визначається нормативами відрахувань.

**Друга** - системою оплати праці і тарифікацією механізованих сільськогосподарські. робіт.

**Третя** - продуктивністю агрегату, нормативами витрат і вартістю (ціною) матеріалів, що витрачаються.

При визначенні ефективності використання наявних машин розрахунки ведуть за **питомими прямими експлуатаційними витратами коштів**, грн./га:

$$S_e = S_a + S_{\text{мо}} + S_{\text{зн}}, \quad (7.13)$$

де  $S_a$  - питомі прямі експлуатаційні витрати грошових коштів на реновацію (повне відновлення) агрегатів. *грн./га*;

$$S_3 = \frac{a_{втрп} B_{тр}}{100W_{год} T_{тр}} + \frac{a_{взч} B_{зч}}{100W_{год} T_{зч}} + \frac{a_{втрм} B_{м} n_{м}}{100W_{год} T_{м}}, \quad (7.15)$$

де  $a_{втрп}$ ,  $a_{взч}$ ,  $a_{втрм}$  - норма річних відрахувань від балансової вартості на повне відновлення, відповідно, трактора, зчіпки і робочої машини, %;

$K_{тр}$ ,  $B_{зч}$ ,  $B_{м}$  - балансова вартість, відповідно, трактора, зчіпки і робочої машини, *грн.*;

$T_{тр}$ ,  $T_{зч}$ ,  $T_{м}$  - нормативне річне завантаження, відповідно, трактора, зчіпки і робочої машини, *год*;

$n_{м}$  - кількість однакових робочих машин у складі агрегату;

$S_{нмм}$  - відрахування на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, зберігання, *грн./га*:

$$S_3 = \frac{a_{ктрп} B_{тр}}{100W_{год} T_{тр}} + \frac{1}{100W_{год}} \left( \frac{a_{потр} B_{тр}}{T_{тр}} + \frac{a_{позн} B_{зч}}{T_{зч}} + \frac{a_{ном} B_{м} n_{м}}{T_{м}} \right), \quad (7.15)$$

$a_{ктрп}$  - норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

$a_{но.трп}$ ,  $a_{но.зч}$ ,  $a_{но.м}$  - норма річних відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, відповідно, трактора, зчіпки і робочої машини, %;

$S_{нмм}$  - вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, *грн./га*:

$$S_{нмм} = Cq_{га}, \quad (7.16)$$

де  $C$  - комплексна ціна паливно-мастильних матеріалів, *грн./кг*;

$S_m$  - питомі прямі експлуатаційні витрати грошових коштів на оплату праці, *грн./га*:

$$S_{зп} = \frac{n_1 c_1 + n_2 c_2 + \dots + n_i c_i}{W_{зм}}, \quad (7.17)$$

де  $n_1, n_2, \dots, n_i$  - кількість працівників, які обслуговують агрегат окремо за кожною кваліфікацією;

$c_1, c_2, \dots, c_i$  - оплата праці за змінну норму виробітку працівника кожної кваліфікації, *грн.*

При визначенні ефективності використання нової техніки розрахунки ведуть за **приведеними експлуатаційними витратами**, *грн./га*:

$$S_{нр} = S_e + E_n K, \quad (7.18)$$

де  $E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень

{Його величина встановлюється диференційовано відповідно до галузей народного господарство, так для машинобудування –  $E_n = 0,2...0,3$ , а для сільськогосподарського машинобудування -  $E_n = 0,25$ . При відсутності галузевих нормативів застосовують нормативний коефіцієнт -  $E_n = 0,15$ );

$K$  - капітальні вкладення, грн/га.

Розмір капітальних вкладень визначають за формулою:

$$K = \frac{B_{mp}}{W_{год} T_{mp}} + \frac{B_{зч}}{W_{год} T_{зч}} + \frac{B_{м.п.м}}{W_{год} T_{м}}. \quad (7.19)$$

**При виборі сільськогосподарські. техніки для виробництва сільськогосподарські. продукції є умовах господарств малого і середнього підприємництва** необхідно враховувати основні фактори, яким повинні в найбільшій мірі відповідати вибрані технічні засоби. Економічні фактори вимагають мінімально достатніх витрат на придбання, використання і обслуговування техніки, які визначаються порівнюванням витрат по декільком варіантам сільськогосподарські. техніки. Вони складають витрати на амортизацію, на кредитні, податкові і страхові внески, на оплату праці персоналу по обслуговуванню, на витрати паливно-мастильних матеріалів, на ремонт і обслуговування сільськогосподарські. техніки.

Сумарні питомі втрати коштів на сільськогосподарські. техніку, грн/год:

$$Z = A + K_p + Z_{об} + Z_{об} + Z_{нмм} + Z_{тм} + Z_{р.то}, \quad (7.20)$$

де  $A$  - амортизаційні відрахування, грн/год:

$$A = \frac{(C_n - C_k)}{T_p \cdot T_{гр}}, \quad (7.21)$$

$C_n$  - ціна нової техніки, грн.;

$C_k$  - ціна, по якій буде реалізована сільськогосподарські. машина чи трактор в кінці використання, грн;

$T_p$  - тривалість використання техніки, років;

$T_{гр}$  - нормативне річне завантаження, год.;

$K_p$  - витрати на погашення кредиту, грн/год:

$$K_p = \frac{(C_n - C_k) \cdot K}{2T_p \cdot T_{гр}}, \quad (7.22)$$

де  $K$  - доля відрахувань на погашення кредиту ( $\kappa = 0,45...0,60$ );

$Z_{об}$  - витрати на зберігання, грн/год:

$$Z_{\sigma} = \frac{Z_{\sigma p} + P_p + C_p}{T_{zp}}, \quad (7.23)$$

де  $Z_{\sigma p}$ ,  $P_p$ ,  $C_p$  - річні відрахування на зберігання, податок і  $Z$  страхові внески становлять (1,0... 1,5)% балансової ціни техніки;

$Z_{\sigma b}$  - витрати на оплату обслуговуючого персоналу, грн/год:

$$Z_{\sigma b} = \sum_x^m C_{zi} \cdot n_{obi}, \quad (7.24)$$

де  $C_{zi}$  - годинна ставка 1-го обслуговуючого персоналу;

$n_{obi}$  - кількість  $i$ -го обслуговуючого персоналу, чол.;

$Z_{nmm}$  - витрати на паливо-мастильні матеріали, грн/год:

$$Z_{nmm} = G_T \cdot C_{nm}, \quad (7.25)$$

$G_T$  - годинна витрата палива л/год;

$C_{nm}$  - комплексна ціна паливо-мастильних матеріалів складає (1,15... 1,20) існуючої в даний період ціни, грн/л;

$Z_{mm}$  - вартість технологічних матеріалів, які необхідні для виконання операції (пестициди, насіння, добрива та ін.):

$$Z_{mm} = \sum_{i=1}^x C_{mm.i} \cdot H_{mm.i}, \quad (7.26)$$

де  $C_{mm.i}$  - ціна  $i$ -го технологічного матеріалу, грн/кг;

$H_{mm.i}$  - норма технологічного матеріалу, кг/год;

$Z_{p.mo}$  - витрати на технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарські. техніки, грн/год:

$$Z_{p.mo} = \frac{Z_p + Z_{mo}}{T_{zp}}, \quad (7.27)$$

$Z_p$ ,  $Z_{mo}$  - витрати на ремонт та технічне обслуговування грн./рік.

Витрати  $Z_p$ ,  $Z_m$  можна визначити по залежності 7.15, але по відношенню до конкретного відрізка часу. Або можна їх вибрати із річного звіту, господарства.

Після розрахунків за декількома можливими варіантами сільськогосподарські. техніки чи агрегатів, вибраних для відповідних природно-кліматичних, технологічних, екологічних та організаційних умов, визначають такий, що буде мати меншу вартість години використання. Із цих залежностей виходить, що збільшення строків використання і підвищення надійності техніки буде приводити до зниження собівартості продукції.



### **3. Оптимізація експлуатаційних параметрів агрегатів за критеріями ресурсозбереження**

Із великої кількості параметрів агрегату експлуатаційними умовно вважаються такі, від яких в найбільшій мірі залежать його основні техніко - економічні показники роботи: продуктивність, експлуатаційні витрати і інші.

Оптимальними (найкращими) називають такі параметри, при яких, заздалегідь вибраний, експлуатаційний показник (критерій) досягає максимуму (наприклад, продуктивність); або мінімуму (наприклад, експлуатаційні витрати).

Кінцева мета комплексної оптимізації - забезпечення найменших витрат відповідних ресурсів на одиницю обсягу виконаної роботи при високій продуктивності і необхідній якості технологічного процесу.

Комплексне вирішення задачі ресурсозбереження неможливе на базі будь-якої загальної математичної моделі з єдиним критерієм оптимальності. Найбільш ефективним науковим методом розв'язання подібних складних задач являється багаторівневий системний підхід.

Основна проблема такого підходу заключається в науковому обґрунтуванні рівнів оптимізації і пов'язаними з ними критеріями, які в комплексі забезпечують найменші витрати всіх основних ресурсів, необхідних для роботи агрегату.

*Перший рівень* ресурсозбереження (оптимізації) передбачає вибір відповідної технології вирощування сільськогосподарської культури в заданих умовах. Із усіх можливих варіантів технологій вибирають ту, яка якомога повніше відповідає, вимогам економії ресурсів, пов'язаних з роботою МА. На початковому рівні, доки ще невідомий склад конкретних агрегатів, можуть бути вибрані лише енергоощадливі принципи впливу робочих органів на матеріал, який піддається обробітку.

Критерієм ресурсозбереження являється мінімум сумарних технологічних енерговитрат в розрахунку на одиницю, запланованого по даній технології, врожаю.

Основними результатами оптимізації являються число операцій по вибраній технології і запланована урожайність.

*Другий рівень* ресурсозбереження передбачає обґрунтування оптимального узагальненого параметру чистої продуктивності агрегату, або потужності, для кожної операції по мінімуму будь-яких експлуатаційних витрат (прямих, приведених, інтегральних і т. ін.), найбільш важливіших для заданих умов.

По одержаному, в результаті оптимізації, значенню потужності

вибирають конкретну марку енергомашини.

**Третій рівень** ресурсозбереження передбачає обґрунтування енергоощадливого режиму робочого ходу агрегат в процесі оптимізації відповідних параметрів (робочої швидкості, ширини захвату, маси вантажу, який транспортується).

Основний критерій ресурсозбереження відповідає мінімуму питомих енерговитрат при робочому ході агрегату. Еквівалентним критерієм для агрегатів з двигуном внутрішнього згорання являється мінімум питомих витрат палива при виконанні робочого ходу.

Окрім обґрунтування оптимальних параметрів на третьому рівні вирішується також цілий ряд допоміжних задач. Основні із них такі: обґрунтування оптимальної маси і відповідної енергонасиченості мобільних агрегатів; оптимальне баластування тракторів і других енергомашин; оптимальне використання довантажувачів (типу ГЗВ) на тракторах; оптимальне пере розподілення потужності по каналам ВВП і тяги для польових агрегатів; оптимальне узгодження комплексів машин по ширині захвату і по загальній технологічній колії; обґрунтування оптимальної ширини захвату робочих машин для агрегування з різними енергомашинами; розрахунок агрегатів з оперативно змінними параметрами і др.

На третьому рівні завершується процес комплектування ресурсозберігаючих агрегатів з обґрунтуванням їх робочих швидкостей.

**Четвертий рівень** ресурсозбереження передбачає оптимізацію режимів функціонування складених агрегатів.

Основним критерієм оптимізації являється мінімум витрат палива при виконанні холостого ходу, при зупинках агрегату Для виконання допоміжних операцій.

Додатковим критерієм ресурсозбереження може бути мінімум витрат часу, який витрачається на холостий хід МА і час на виконання допоміжних операцій.

Головні вихідні результати даному рівні - оптимальна ширина заїмки і швидкість руху при виконанні холостого ходу.

**П'ятий рівень** ресурсозбереження - узагальнюючий. Він передбачає обґрунтування оптимальних режимів технологічного і технічного обслуговування агрегатів в процесі роботи. При організації обслуговування основна задача ресурсозбереження полягає у визначенні оптимальних кількісних співвідношень між основними і агрегатами по обслуговуванню з метою мінімізації витрат від простою при обопільному<sup>7</sup> очікуванні.

Критерій оптимальності - сумарні втрати від простою при

обопільному очікуванні основних і допоміжних агрегатів по обслуговуванню. Результат оптимізації - оптимальне число основних і агрегатів по обслуговуванню.

Таким чином, одержані на верхніх чотирьох рівнях результати ресурсозбереження, за рахунок оптимізації складу і режимів роботи окремих агрегатів, доповнюється на п'ятому рівні економією грошових коштів внаслідок оптимізації взаємопов'язаної роботи основних і обслуговуючих агрегатів.

#### **4. Напрямки зниження експлуатаційних витрат на роботу агрегатів**

Одним із напрямків зменшення витрат, при рівних інших умовах, являється збільшення продуктивності.

Другий важливий напрямок - вибір оптимальних параметрів і режимів роботи агрегатів по критеріям ресурсозбереження.

Експлуатаційні витрати можна суттєво знизити за рахунок збільшення загрузки тракторів за рік, росту урожайності сільськогосподарських культур і інших заходів по організації роботи. Важливо підкреслити, що любі недоліки в організації праці механізаторів негативно відбиваються на експлуатаційних втратах агрегатів.

#### **Контрольні питання**

1. Назвіть експлуатаційні витрати
2. Як визначаються затрати праці?
3. На які групи діляться експлуатаційні витрати?
4. Як визначаються витрати на заробітню плату?

1. Гавриш В.І. Основи теорії розрахунку мобільних енергетичних засобів: навчальний посібник / В.І. Гавриш, О.В. Бондаренко. – Миколаїв: МДАУ, 2011. – 284с.

2. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. / Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 288с.

3. Ільченко В.Ю. Машиновикористання в землеробстві./ Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 384 с.

4. Четыркин Б.Н. Сельскохозяйственные машины и основы ЗМТП / Четыркин Б.Н., Воцкий З.И. – М.: ВО "Агропромиздат" 1989. – 238 с.

## Лекція №8

### Тема: ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИХ АГРЕГАТІВ

Мета: Навчитися визначати вплив роботи МТА на навколишнє середовище.

#### План:

1. Фактори впливу на довкілля в результаті дії машинних агрегатів
2. Методика визначення експлуатаційних витрат на роботу МА
3. Техногенний вплив тракторів на ґрунт
4. Обмеження екологічно шкідливих викидів енергозасобів
5. Екологічні аспекти оптимального співвідношення гусеничних і колісних тракторів в парку машин
6. Стабільність екологічно безпечних параметрів машинних агрегатів
7. Методика визначення параметрів екологічної безпеки МА
8. Ергономічність мобільних енергетичних засобів

#### **1. Фактори впливу на довкілля в результаті дії машинних агрегатів**

Аналіз показників, які визначають вплив агрегатів на три первинних середовища проживання-повітря, воду і ґрунт та безпосередньо на флору і фауну, включаючи людину, дозволив визначити основні групи факторів цього впливу.

Це в першу чергу, ті фактори, які впливають на ґрунт і які безпосередньо через ґрунт впливають на інші дві складові підсистеми - на воду і повітря. Їх можна розподілити на п'ять груп:

- 1) енергетичне сумарне навантаження на ґрунт;
- 2) вплив робочих органів ґрунтообробних машин;
- 3) взаємодія машин з технологічними речовинами і наслідки цієї дії;
- 4) втрати технологічних речовин;
- 5) нерівномірність внесення і передозування добрив, пестицидів тощо.

Крім того, на ґрунт впливають рушії, особливо енергозасобів (ущільнення, колія, буксування), рештки зношеної гуми, технологічні речовини функціонування двигуна ( пальне, масло, мастило, рідина для охолодження і т. ін.) На повітря і води шкідливо діють викиди відпрацьованих газів, елементи тертя взаємодії механізмів. А людину в кабіні здійснює шкідливий вплив вібрація, шум, загазованість.

В результаті теоретичних досліджень встановлені показники

основних факторів суттєвого впливу агрегатів на екосистему ґрунту та їх відносно оптимальні, допустимі і недопустимі величини (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Показники основних факторів суттєвого впливу машинних агрегатів на екосистему ґрунту

Назва фактору	Граничні величини		
	Відносно оптимальні	Толерантні (допустимі)	Екологічно недопустимі
1	2	3	4
1. Енергетичне сумарне навантаження, ГДж/га	до 15	15-30	Понад 30
2. Вплив рушіїв та робочих органів на; - щільність, г/см <sup>3</sup> - структурний склад по фракціям, %: 0,25-1,0 мм	0,90-1,35	1,40-1,50	1,60 і більше
менше 0,25 мм	більше 80	80-40	менше 40
3. Внесення добрив - співвідношення діючих речовин, N: P: K, доли одиниці	ДО 10	10-20	більше 20
- норма (доза) діючі речовини, кг/га	1:0,9:0,8	в залежності від культури і вмісту діючих речовин і в ґрунті	
- відхилення від норми, %	В залежності від сільгоспкультури і вмісту діючих речовин у ґрунті (N: P: K)		
- рівномірність внесення (коефіцієнт варіації), %	1-5	5-10	більше 10
4. Вилучення ґрунту з коренебульбоплодам, -% до загальної маси вороху	до 15	15-20	більше 20
* - на одиницю площі кг/м	До 8	8-10	більше 10
	До 0,24	0,24-0,30	більше 0,30

\* Примітка: перерахунок на одиницю площі зроблено виходячи з урожайності коренебульбоплодів 30т/га.

## 2. Системний підхід до питань ресурсощадності при використанні МА

Параметри сучасних тракторів, автомобілів, причепів і сільськогосподарські машин не завжди відповідають вимогам

збереження ґрунтового шару.

Негативний вплив машинних агрегатів на екосистему виявляється через споживання не поновлюваних ресурсів (корисних копалин, енергії, технологічних матеріалів) і шкідливі наслідки машинних технологій щодо навколишнього середовища (ущільнення ґрунтів, винесення гумусу, забруднення середовища і продукції шкідливими хімічними сполуками, руйнування біоценозів).

Важливість екологічно сприятливого розвитку технічних систем землеробства обумовлена тим, що в цій сфері людської діяльності земля виступає як засіб виробництва, а природне середовище є об'єктом активного втручання людини. Тому при вдосконаленні механізованого виробництва потрібно забезпечити системну єдність техніки, технології та середовища, встановити кількісні показники рівня екологічності технічних засобів і технологій.

Сільськогосподарська техніка, яка дозволяє економно витратити технологічні матеріали, підвищувати коефіцієнт корисного їх використання, має кращі як економічні, так і екологічні властивості.

Отже ресурсоощадність є одним з важливих напрямків підвищення екологічності технологічних процесів землеробства, бо сприяє раціональному використанню природних не поновлюваних багатств.

Приведені особливості функціонування сільськогосподарських агрегатів являються характерними ознаками складності системи, тому задачі ресурсоощадності використання МА можливо комплексно розв'язати лише на основі принципів багаторівневого системного підходу. Основна ідея такого підходу заключається в тому, що складна система досліджується в логічній послідовності при розкладенні її на прості елементи, які тісно пов'язані між собою. При цьому за прості елементи основні режими функціонування агрегатів на відповідних рівнях використання.

Для кожного рівня функціонування складають відповідну математичну модель з конкретним критерієм ресурсозбереження (мінімум експлуатаційних, або трудових затрат палива і т. ін.). Рівні ресурсоощадності розміщують у такій логічній послідовності, щоб економія ресурсів на кожному даному рівні доповнювала результати їх економії на попередніх рівнях. Таким чином здійснюється примноження ефектів ресурсоощадності усіх рівнів.

Оцінка екологічності сільськогосподарської виробництва повинна базуватися на кількісних показниках раціональності використання не поновлюваних та обмежених ресурсів (земля, енергія, матеріали, техніка, час), поновлюваних ресурсів (сонячна радіація, кліматичні

фактори, інформація) і рівня сукупних негативних впливів на середовище: на ґрунт (ущільнення, ерозія, втрати гумусу, порушення агроценозів); на продукцію (вміст шкідливих сполук, втрати врожаю, зниження якості); на повітря і воду (загазованість, забруднення).

### **3. Техногенний вплив тракторів на ґрунт**

Машинні агрегати працюють в контактi з ґрунтом, рослинами, тваринами і піддають їх техногенному впливу.

Ходові системи самохідних машин ущільнюють ґрунт збільшують ерозію, що веде до втрат урожаю і зниження його родючості. При обробці ущільнених ґрунтів збільшується витрата палива і, відповідно, кількість шкідливих викидів.

*- стандарт передбачає питомий тиск на ґрунт нормальної вологості:*

- 100 кПа - весняний період;
- 120 кПа – літньо - осінній період.

У той же час гусеничні трактори спричинюють тиск на ґрунт 150...200кПа, а колісні трактори-200...300кПа.

При складенні агрегату керуються в основному вимогами агротехніки і не враховують негативні наслідки дії техніки на ґрунт.

На сьогоднішній день впроваджені нормативні документи, в яких передбачено обмеження питомого тиску на ґрунт і механічну напругу на глибині 0,5м (ГОСТ 26955-86. "Техника с.-х. Мобильная. Нормы воздействия движителей на почву"; ГОСТ 26954-86. "Техника с.-х. мобильная. Методы определения максимального нормального напряжения").

Проте нормативну механічну напругу необхідно контролювати в польових умовах, що вимагає застосування дорогої апаратури. Отже, доцільно встановити такі обмеження, щоб виконання їх здійснювались без значних витрат енергії, часу і матеріальних засобів. А також необхідно створити умови по відновленню нормального стану ґрунту після проходу машин. Тому для послаблення негативного впливу техніки на ґрунт потрібно підбирати машини необхідної маси і шини необхідної ширини.

При проходах сучасної мобільної техніки щільність ґрунту по сліду рушія перевищує верхню межу діапазону допустимих значень на 0,05..Д035г/см<sup>3</sup> і більше. Спрацювання ґрунтозачеплювачів пов'язано з підвищенням буксування рушіїв і призводить до створення дрібних часток ґрунту, збільшенню вітрової ерозії, а створення колії викликає розвиток водної ерозії.

Корисне чи шкідливе явище ущільнення ґрунту - це залежить від

ступеня ущільнення. З одного боку, посівна техніка проектується таким чином, аби після посіву ґрунт поряд із насінням був достатньо щільним, забезпечував добрий контакт із насінням, а отже й добру схожість, а коріння, що розвивається, мало б стабільний доступ до вологи та поживних речовин.

Надмірно пухкий ґрунт з великими грудками містить надто багато повітря і не забезпечує належного контакту коріння з ґрунтом. Суцільне коткування ґрунту з ущільненням в межах  $0,8...1,2\text{г/см}^3$  здійснює позитивний вплив на життєдіяльність рослин: збільшується приплив вологи до насіння, підвищується температура, прискорюється процес пророщування і формування кореневої системи. З іншого боку, надмірне ущільнення стримує розвиток кореневої системи, що ускладнює доступ до вологи та поживних речовин. Контроль та регулювання ущільнення ґрунту є дуже важливою складовою частиною успішного землеробства.

Важливою фізичною характеристикою ґрунту являється пористість. Із збільшенням ущільнення пористість ґрунту зменшується, тим самим ускладнюючи проникнення в ґрунт води й повітря. Якщо польова пористість ґрунту менша 10%, то аерація ґрунту знижується до позначки коли втрати врожаю стають значними. Ущільнення зменшує проникнення води в ґрунт (інфільтрація), що в свою чергу, на схилах збільшує стік води по поверхні і призводить до ерозії, а на рівних ділянках - до застою води (калюжі, невеличкі озерця), а це заважає проникненню повітря в ґрунт і стримує розвиток рослин.

Таблиця 8.2

Параметри дії рушіїв на ґрунт (ГОСТ 26955-86)

Вологість ґрунту на глибині до 0,3 м	Максимальний тиск, <i>кПа</i>		Максимальне напруження на глибині 0,5 м, <i>кПа</i>	
	Весняний період	Літньо-осінній період	Весняний період	Літньо-осінній період
Понад 0,9 НВ	80	100	25	30
Від 0,7 НВ до 0,9 НВ	100	120	25	30
0,6 0,7	120	140	30	35
0,5 0,6	150	180	35	45
0,5 і менше	180	210	35	50

НВ - найменша вологість, %.



Часом погодні умови сприяють збільшенню пористості дуже ущільнених ґрунтів. При різкому замерзанні дуже зволоженого ґрунту заледенілі пори розширюються, й під час від танення пористість збільшується. В окремих регіонах, приміром на півдні України, цикл замерзання/відтавання може повторитися за зиму кілька разів. Здатність ґрунту до саморегулювання їх щільності під дією поперемінного зволоження може призвести до відновлення їх властивостей (параметрів) через 1...2 роки. Значно ущільнений при весняних роботах ґрунт відновлюється майже до весни слідую чого року (але тільки в шарі 0...10см), а менш ущільнений - на протязі літнього періоду. Однак це не гарантує, що в результаті будуть створені оптимальні умови для проростання насіння.

*Симптоми надмірного ущільнення ґрунту:*

- нерівномірність сходів;
- рослини мають різну висоту;
- вкорочені, порівняно зі звичайними, рослини;
- нерозвинена коренева система;
- стрес від підвищеної вологості;
- колір листя свідчить про нестачу поживних речовин.

Практика використання парку машин і розрахунки показують, що тільки біля 12% площ поля не піддано дії рушіїв. Сумарна площа слідів майже в 2 рази перевищує площу поля. Недобір врожаю з цієї причини досягає 40%.

Підвищення щільності впливає на збільшення твердості і тягового опору на 25% по сліду гусеничних тракторів, на 40% - колісних, на 65%-вантажних автомобілів і причепів. Обробка ґрунтового шару підвищеної щільності вимагає значного збільшення витрати палива. Головним негативним результатом є розвиток процесу стерилізації ґрунту: більший тяговий опір викликає підвищення буксування рушіїв, веде до перетирання ґрунтових шарів і створює умови для виносу вітром і водою найбільш цінної гумусової частини.

Систематичне ущільнення на глибину, яка більша глибини розпушення, сприяють створенню шару підвищеної щільності, порушенню нормального природного ходу тепло - і масообмінних процесів. А зміна співвідношення вологи, газу і твердих частинок не сприяє розвитку ґрунтової флори і фауни.

Вчені вважають, що суттєвою причиною, яка призводить до прискорення деградації чорноземів є переущільнення ґрунтів. Оптимальна щільність орного горизонту чорноземних ґрунтів років 30-40 тому була  $1 \text{ Д}..1,03 \text{ г/см}^3$ , а структура таких ґрунтів була грудкувато-

зерниста.

Через зниження вмісту гумусу під впливом ерозії, зникнення коренів трав'яних рослин та черв'яків, староорні чорноземи ущільнилися. Щільність орного і підорного горизонтів, особливо у літньо-осінній період підвищилася і сьогодні складає від  $1,4 \text{ г/см}^3$  до  $1,6$ , а іноді сягає аж до  $1,8 \text{ г/см}^3$ .

На ріллі з'явилися важкі брили, що погано піддаються розпушуванню. Проходи по полю важких орних агрегатів та ін. сільськогосподарські машини сприяють ущільненню ґрунту та призводять до руйнування його структури. Переущільнення проникає і у нижні шари, які знаходяться за межами досяжності ґрунтообробних знарядь загального призначення.

З причин переущільнення ґрунту вже на початку 90-х років врожайність культур знизилася на 20-35%, тобто недобір врожаю від переущільнення ґрунту дорівнює його збільшенню від зрошення і наближається до збільшення від застосування добрив.

Що стосується енергетичних витрат на обробіток ґрунту, то маємо парадоксальну картину:

- чим сильніше ущільнюємо ґрунт, тим потужніші трактори потрібні для ґрунтообробних операцій;
- чим потужніші використовуємо трактори, тим швидше відбувається процес ущільнення ґрунтів.

Перебуваючи у незайманому стані, ґрунт практично не має обмежень для родючості. Повітря й вода швидко проходять крізь нього - ґрунт стає ідеальним середовищем для росту коріння.

В свою чергу важко встановити таке поняття як оптимальна щільність ґрунтів. Це явище залежить від типу ґрунтів і їх різновиду, від біологічних особливостей сільськогосподарських культур і т. ін.

Проблема виникає тоді, коли зовнішні чинники, завдяки жим зменшуються пори між частками ґрунту, що містять повітря і воду, викликають ущільнення. Не ущільнений ґрунт, ясна річ, має більше порового простору для повітря і води. Зовнішній ТИСК, ІДО його спричиняють трактори й знаряддя обробітку, змінює компоненти ґрунту, руйнує пори, внаслідок чого виникають проблеми дренажу й ерозії, подекуди - вивітрювання. Коріння не може розростися як слід у такому ґрунті, і рослини не одержують потрібної кількості поживних речовин, необхідних для їх максимального росту. Земля втрачає свою продуктивність. Цьому не можуть зарадити ні ретельно підібране насіння, ні досконала техніка, ні суперсівалки, ні правильно обраний час для сівби.

Дослідження вчених показали, що дуже ущільненому ґрунті врожайність скорочується на 50%, а помірно ущільненому - на 25%. За три роки ділянки, які обробляли гусеничним трактором, дали в середньому на 14% більше продукції, ніж ділянки оброблені тракторами колісними.

Найбільше ґрунт ущільнюється тоді, коли у ньому великий вміст вологи, отже ущільнення спричинює навіть невеликий тиск. Нажаль, земля найбільше піддається ущільненню, коли вона перебуває в ідеальних для сівби умовах. Надмірне застосування інвентарю для обробки ґрунту може призвести до утворення твердого підґрунтового шару, що блокує проникнення коренів углиб.

В більшості досліджень встановлено негативний вплив надмірної механізації процесів на властивості ґрунтів, причинами якого являється неконтрольоване зростання маси МТА і недосконалість організації проведення механізованих польових робіт. Всі типи сільськогосподарських факторів при існуючих відокремлених способах обробки ґрунту, сівби та внесення добрив, багаторазових обробках міжряддя, а також багатходових способах по збиранню культур, ущільнюють ґрунти на знану глибину. Тому-то важкі трактори (особливо Т-150К, К-701) не можна пускати по одному сліду більш одного разу на протязі вегетаційного періоду.

Таблиця 8.3

Оптимальна щільність чорноземів при вирощуванні різних культур

Типи ґрунтів	Різновид ґрунтів	Культури	Діапазон оптимальних значень, гр./см
1	2	3	4
Чорноземні типи	Важкі і середні суглинки	Зернові колосові	1,05...1,30
		кукурудза	1,00...1,25
		бобові кормові	1,00
		цукровий буряк	1,00...1,26
		горох	1,00...1,20
		картопля	1,00...1,20
		Гречка	1,20...1,30

	Легкі суглинки	зернові колосові кукурудза бобові кормові цукровий буряк віко-овес на сіно	1,10...1,40 1,20...1,30 1,10...1,15 1,20...1,30 1,30...1,40
--	----------------	--	--

Продовження табл. 8.3

1	2	3	4
Чорноземи звичайні і південні	Важкі суглинки, Легкоглинисті	Зернові колосові Кукурудза Цукровий буряк Соняшник Бобові злакові	1,05...1,30 1,05...1,30 1,00...1,30 1,25...1,30 1,00...1,20

Велику роль відіграють осьові навантаження. І колеса, і гусениці тиснуть на ґрунт, проте останні завдають менше шкоди. Тиск, який передається у ґрунт, залежить від осьового навантаження. Колісний трактор, як правило, має лише дві осі. У більшості випадків гусеничні трактори мають по п'ять або шість осей. Це означає, що осьові навантаження є вищими у колісних факторів, і осі спричиняють великий тиск у певному місці, збільшуючи ущільнення углиб.

Існує думка, що зменшити ущільнення можна лише шляхом зниження тиску в шинах, проте це далеко не так. Скажімо, якщо двохосьова вантажівка перевантажена, то її вагу не можна зменшити, лише зменшуючи тиск в шинах, загальна вага все одно залишається тією самою. Щоб додержуватися правил перевезень, слід додати більше осей. Те саме стосується й сільськогосподарських тракторів. Тобто зменшення тиску на ґрунт можна домогтися, збільшуючи кількість осей - це характерно для гусеничного трактора. Гусеничний трактор має, зрештою, гаку саму вагу, що й колісний, але вона розподіляється рівномірно по всій довжині трактора.

Колеса (гусениці) тракторів деформують ґрунт, ущільнюють і розпорошують його, утворюючи сліди. Все це призводить до:

- зниження урожайності;
- руйнування структури ґрунту;
- вітрової і водної ерозії;
- збільшення витрат енергії і палива на обробіток ущільненого ґрунту.

Способи зниження рівня шкідливої дії ходових систем машин на фунт:

- *агротехнічні*;
- *технологічні*;
- *конструктивні*.

До числа **агротехнічних** прийомів відноситься система мінімального обробітку ґрунту, яка здійснюється наступним:

- заміна глибокого обробітку ґрунту поверхневим;
- часткова або повна заміна деяких видів механічного обробітку на хімічний;
- одночасне виконання кількох технологічних операцій за один прохід (ґрунтообробний + посівний ).

#### ***Технологічні способи:***

- застосування широкозахватних агрегатів;
- вибір раціональних способів руху ;
- впровадження мостового землеробства;
- впровадження модульного агрегування;
- використання агрегатів з робочими органами-рушійми;
- використання технологічної колії при інтенсивних технологіях вирощування зернових культур.

#### ***Конструктивні заходи:***

- удосконалення коліс і гусениць;
- застосування пружинно-балансирної підвіски;
- розставляння коліс на різну ширину ( передніх і задніх );
- встановлення додаткових коліс;
- заміна коліс гусеничними ободами.

Енергетичні засоби повніші в першу чергу задовольняти вимогам технології виробництва сільськогосподарської продукції. Давно ведеться дискусія між спеціалістами з питань класичної і інтегральної схеми просапного трактора. Які ж критерії слід враховувати при обґрунтуванні просапного трактора в майбутньому?

Перш за все просапний трактор повинен мати достатню потужність і поздовжню стійкість для роботи широкозахватними і комбінованими агрегатами. При класичній схемі ці вимоги не виконуються, тому що на передню частину трактора навішуються проти важелі, що потребує додаткових витрат металу, енергії і палива на переміщення цієї маси.

Рекомендації по поліпшенню конструкції трактора зниження маси до раціональної, яка відповідає тяговому класу збільшення площі контакту рушія з ґрунтом; оптимізація поздовжнього положення центра

мас (ЦМ).

Вважається, що компоновка, наприклад, гусеничного трактора, повинна забезпечити стале поздовжнє положення ЦМ спереду (по руху) середини бази, що створює відновлюючий момент, який врівноважує зовнішнє навантаження на гаку. Таке зміщення ЦМ повинно бути оптимальним, щоб при виконанні основних с.-г. робіт посереднім навантажуванням на гаку вирівнювалось навантаження на всі опорні котки (умовно-прямокутний епюра навантаження на ґрунту).

З метою виключення небажаного ущільнення ґрунту, при його обробці з річним навантаженням на гаку, необхідно забезпечити для кожного типу Причіпного агрегату оптимальне положення ЦМ трактора, при якому досягається рівномірна навантаження на всі опорні котки. Реалізувати це можливо у тракторі, який складений із двох модулів. Перший встановлений на ґрунт, а другий - над ним з механізмом поздовжнього переміщення відносно першого. Переміщення верхнього модуля по роликовим опорам рами виконує тракторист за допомогою гідро циліндрів трактора. Чітке відносне положення модулів встановлюють за допомогою фіксаторів при роботі з конкретною машиною, і в залежності від фактичного зусилля на гаку.

Безперечними перевагами гусеничних тракторів нової генерації є високі тягові якості, менший в 1,5 рази тиск на ґрунт, що дуже важливо для українських чорноземів, менша на 12-13% питома втрата палива, висока маневровість, можливість використання на транспортних роботах по бездоріжжю та дорогах з твердими покриттям, комфортні умови праці на робочому місці при достатній довговічності гумотросового рушія.

#### **4. Обмеження екологічно шкідливих викидів енергозасобів**

Викиди в атмосферу шкідливих продуктів згорання при роботі двигунів тракторів досягає в Україні 0,2 млн. т. за рік. Аварійні і експлуатаційно-технологічні розливи паливно-мастильних матеріалів (до 10 тис. т.) щорічно призводять до забруднення біля 300 га оранки і до втрати більш ніж 30 тис. т. продукції.

Співставляючи рівень деяких нормованих параметрів екологічної безпеки і значення цих же параметрів в процесі експлуатації (табл. 8.4) видаю, що вміст оксидів вуглецю (СО) в 4 рази перевищує допустимий рівень, наявність вуглеводів ( $C_mH_n$ ) - в 8,3 рази, а оксидів азоту ( $NO^*$ ) - в 1,5 рази. Приведений діапазон зміни вмісту шкідливих речовин говорить про несталість параметрів екологічної безпеки машин.

В процесі рядової експлуатації порушуються регулювання

паливної апаратури і, як наслідок, знижується потужність і підвищується витрата палива. Це суттєво змінює якісний склад відпрацьованих газів, збільшує концентрацію шкідливих речовин і кількість викидів. Більше 60% тракторів мають перевитрату палива на 10...20%. То вказане збільшення витрати палива призводить до додаткового викиду 20...40 тис.т. продуктів згорання.

Таблиця 8.4

Шкідливі викиди дизельного двигуна

Речовина	Викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами, г/(кВт·год)	
	Норма	Діапазон зміни в експлуатації
Оксиди вуглецю	10	0,7...40,3
Вуглеводи	4	0,5...34,9
Оксиди азоту	22	0...31,6

На рівень токсичності відпрацьованих газів тракторних двигунів в процесі експлуатації впливають режим навантаження, технічний стан паливної апаратури, величина протидії на впуску і розрідження на випуску, температурний режим охолодження, якість палива тощо.

При переході від холостого ходу до повного навантаження токсичність зростає в 7-20 і більше разів. Навіть при переході від 80%-ного до

100%-ного навантаження токсичність рядом важливих компонентів (СО, С) збільшується вдвічі. Це слід враховувати при проектуванні машинних агрегатів, агрегатуванні і виборі режимів роботи.

Один із важливих показників екологічності економічності роботи двигунів - димність відпрацьованих газів, яка залежить, перш за все, від вмісту дрібнодисперсних частинок вуглецю. Дим активно вбирає канцерогени, які довго зберігаються в частинах сажі.

Димність визначається станом паливної апаратури і, перш за все, форсунок, а також режимом роботи дизеля.

На режимах холостих ходів і малих навантаженнях, коли паливо вприскується під зниженим тиском, режим погіршується, відбувається значне (до 6...8%) незораного палива, незважаючи на значний надлишок повітря. При збільшенні затяжки пружини форсунки, яка забезпечує

силу впрыску до 18...19МПа, димність відпрацьованих газів знижується майже до норми.

На димність відпрацьованих газів суттєво впливає протидія на випуску і розрідження на впуску. В умовах експлуатації при закоксованні випускних колекторів і турбін протидія на випуску збільшується від 75 до 300 мл.вод.ст., при цьому димність відпрацьованих газів підвищується в 2,7 рази, коефіцієнт надлишку повітря знижується з 1,87 до 1,2, значно збільшується витрата палива.

Підвищення тиску повітря на впуску до 0,2МПа знижує, в залежності від режиму експлуатації, вміст у відпрацьованих газах альдегідів на 70%, СО на 50...60%, сажі на 40...70%.

На вміст шкідливих викидів у відпрацьованих газах значно впливає стан системи охолодження. При зміні температури на пуску з 243° до 228 С зменшується витрата палива (на 3,5-4%), а значить і викиди СО і С<sub>ш</sub>Н<sub>п</sub>.

При мінусових температурах навколишнього середовища часто не втримуються режими охолодження. Зниження температури охолодження двигуна обумовлює значне збільшення димності відпрацьованих газів.

На токсичність відпрацьованих газів суттєво впливає якість палива (вміст сірки, води, тощо) і моторного масла. Оводнення палива в значній мірі визначається умовами його транспортування, зберігання, заправки.

Кількість оксидів сірки у відпрацьованих газах залежить в першу чергу від її вмісту в паливі. У більшості дизельних палив, що використовуються в Україні, у відповідності з вимогами ГОСТ305-82 "Топливо дизельное. Технические условия" масова доля сірки не повинна перевищувати 0,2% для палива виду I, і 0,5% для палива виду II марок і "З". В сільському господарстві в основному використовують паливо виду II, в результаті чого викиди оксиду сірки на 1га оброблюваної землі є значно більшими, ніж оксидів вуглецю і вуглеводнів. В більшості палив зарубіжного виробництва вміст сірки складає менше 0,1%, тому проблема боротьби з викидами оксидів сірки у відпрацьованих газах для Західної Європи і Канади неактуальна. Вводити нормування викидів оксидів сірки і методи визначення цих викидів доцільно. Слід в ГОСТ 305-82 "Топливо дизельное. Технические условия." Ввести норму вмісту сірки у паливі всіх видів і марок не більше 0,1%. Це забезпечить зменшення викидів оксидів сірки до нормативних.

Концентрація сажі у відпрацьованих газах дизелів одночасно визначає їх димність і канцерогенну шкідливість. Комісія ООН



прийняла норматив вмісту твердих частинок у викидах - 0,15г/(кВт·год). радикально вирішити проблему зниження димності дизелів можливо тільки на основі таких заходів:

- удосконалення робочих процесів дизелів;
- застосування сумішей і альтернативних палив;
- використання хімічно активних присадок основного палива;
- очистка відпрацьованих газів з використанням систем фільтрування.

Значну екологічну небезпеку створює попадання нафтопродуктів на ґрунт (випаровуються або проникають через нещільності у вузлах агрегату). В результаті губиться спроможність елементів ґрунту до родючості, так як гине мікрофлора.

Слід відзначити, що недостатня герметизація конструкцій викликає значні втрати палива, масел і робочих рідин. Так, підтікання однієї краплі в секунду призводить до розливу 3,5кг палива за добу, відсутність пробки на ємкості - до 6кг, нещільність зварного шва на резервуарі - до 500 кг на 1 м шва за добу.

Проведення планового ТО і ремонту (з використанням миючих засобів, лакофарбових і консерваційних матеріалів, сірчаної кислоти, тощо) в польових умовах без відповідних пристосувань також призводить до забруднення навколишнього середовища.

Втрати охолоджувальної рідини виникають з причин випаровування і підтікання в системі охолодження і поступово підвищуються із збільшенням наробітку і по мірі порушення герметичності системи охолодження.

Суттєво впливає на екологічні показники машинного агрегату зношення гуми ґрунтозачепів. Крім забруднення ґрунту продуктами зносу, це приводить до підвищення буксування, перетирання часточок ґрунту у порох, що сприяє розвитку ерозії, як наслідок, збільшення витрати палива. Із збільшенням наробітку агрегату зростає забруднення навколишнього середовища кислотою з акумуляторів, консервантами, миючими засобами, охолоджувальною рідиною та іншими експлуатаційними матеріалами, а також лакофарбовими покриттями і продуктами корозії. Активним забрудни ком є також пари охолоджуючої рідини і виділення, які виникають в елементах тертя (гальма, муфти зчеплення, тощо), особливо якщо застосовуються азбестові матеріали. Потрібно також враховувати вплив шкідливих компонентів, що утворюються в результаті корозії. Вимоги до екологічної безпеки машинних агрегатів повинні регламентувати застосування шкідливих конструктивних і експлуатаційних матеріалів, консервантів, а також

миючих засобів. Необхідно впроваджувати заходи по попередженню аварій, пожеж, що призводять до виділення при цьому шкідливих речовин. Накопичення в процесі експлуатації несправностей і зносів призводить до зростання вібрації і шуму, проникнення відпрацьованих газів в кабінку, а це збільшує загрузку на нервову систему трактористів, викликає втому, головну біль, є причиною професійних захворювань, знижує продуктивність праці.

Таким чином, значні відхилення показників екологічності від норми визначаються тим, що на машинний агрегат діють різні фактори: відбувається природне зношування і старіння матеріалів, змінюються погодні умови, технологічний режим роботи, впливають особливості технології і ландшафту, виникають аварійні ситуації, тощо. Ці впливи можуть носити ж закономірний, детермінований характер (зношення, старіння матеріалів), що дозволяє прогнозувати порушення технологічного стану техніки, так і ймовірний характер, при якому можна передбачити з визначеною достовірністю розвиток процесу. Можливі і аварійні, що не передбачуються по характеру і часу, випадки (ДТП, тощо). їх наслідки також потрібно передбачити. Поліпшення природоохоронних показників тракторів (зниження забруднення атмосфери викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами) і зменшення витрати дорогого, а інколи де фікційного, дизельного палива може бути досягнуто конвертуванням дизельних тракторів в газові або газодизельні, які використовують більш екологічне і меншої вартості газове паливо. Це, в першу чергу, стиснутий природний газ, порівняно дешевий і недефіцитний. Аналіз приведених даних показує, що за природоохоронними, ресурсозберігаючими і за більшістю експлуатаційних показників трактори з двигунами, що працюють на газі, значно екологічніші за газодизельні. Особливо слід визначити, що трактори з двигуном на газі характеризуються відсутністю димності відпрацьованих газів (тобто викиди твердих частинок, які складаються на 50...80% із мікрочастинок сажі) і оксидів сірки, а також більш низькими, ніж у газодизельних тракторів викидами оксидів азоту (як відомо, із всіх речовин, які викидаються з відпрацьованими газами вони є найбільш токсичними для людей навколишньому середовищу). В сільськогосподарській виробництві доцільно використовувати трактори і газовими двигунами. Застосування газодизельних тракторів доцільне тільки в тому випадку, якщо за умовами експлуатації необхідно збільшення тривалості роботи без дозаправлення газом, а природоохоронні вимоги щодо викидів шкідливих речовин в атмосферу можуть бути знижені.

Таблиця 8.5

Порівняльна екологічна оцінка тракторів з газовими і  
газодизельними двигунами

№ п/п	Газодизельні двигуни	Газові двигуни
1	2	3
1	Зниження димності відпрацьованих газів в 3-4 рази	Повна відсутність димності відпрацьованих газів
2	Зменшення оксидів азоту на 10...30% і оксидів сірки на 40... 60%	Зменшення викиду оксидів азоту в 1,5-2 рази і повна відсутність викиду оксидів сірки
3	Зниження рівня шуму на 2...4дБ	Зниження рівня шуму на 1 4...6дБ
4	Економія ДЗ (на 40... 60% в експлуатації) за рахунок заміщення його газом	Повне (100% - не) заміщення ДЗ газом
	Збільшення на 10... 20% тривалості роботи газодизеля до заміни моторного масла	Збільшення на 30...40% тривалості роботи газового двигуна до заміни моторного масла
6	5... 10% ресурсу газодизеля до першого кап. рем.	Збільшення на 30...35% ресурсу газового двигуна до першого кап. рем.
7	Можливість збільшення номінальної потужності на 10... 15% і макс. крутного моменту без суттєвого підвищення температури відпрацьованих газів	Зниження номінальної потужності не більше ніж на 5... 10% і макс. крутного моменту до збереження і температури відпрацьованих і газів на рівні базового двигуна
8	Збільшення на 3...7% трудомісткості обслуговування	Трудомісткості технічного обслуговування практично не змінюється
9	Можливість роботи як в газодизельному режимі, так і в дизельному, що дозволяє використовувати трактор при відсутності газу. При відсутності диз. палива трактор не працює	Використовується трактор тільки на газі. Диз. паливо не потрібне.

10	Відновна простота переобладнання базового дизеля в газодизельний і установки на трактор газових балонів, загальна місткість яких забезпечить безперервну роботу	Необхідність часткового розбирання базового дизеля для переробки поршнів і головки циліндрів. Неможливість, як правило, встановлення на тракторі газових
11	Ускладнення системи живлення паливом за рахунок встановлення газового обладнання і газових балонів	Заміна дизельної паливної апаратури на газову і паливного бака на газові балони. Встановлення Системи запалювання.
12	Висока вартість конвертування дизеля в газодизель і обладнання трактора газовими балонами	Вартість конвертування дизеля в газовий дизель і обладнання трактора газовими балонами частково компенсується за рахунок реалізації демонтованої дизельної паливної апаратури, в тому числі паливного

### **5. Екологічні аспекти оптимального співвідношення гусеничних і колісних тракторів в парку машин**

Екологічні характеристики тракторів потрібно враховувати при формуванні парку машин, щоб забезпечити своєчасне виконання всіх робіт в кращі агротехнічні строки при дотриманні вимог екології з мінімальними затратами засобів і технічних ресурсів (паливо, праця, матеріали, тощо). Визначення оптимального складу машинно-тракторного парку, крім цього, є важливим для сталого розвитку сільськогосподарської виробництва (з урахуванням можливих екстремальних умов) як окремого підприємства, та і держави в цілому.

Один із важливих факторів, що визначають екологічність тракторів - їх ходові системи, які діють на ґрунт і рослини і, в ряді випадків, визначають обсяги викидів шкідливих речовин.

Співвідношення гусеничних і колісних тракторів може в значній мірі служити характеристикою екологічності і оптимальності складу парку машин. В той же час, це співвідношення потрібно розглядати як первинне, так як для різних зон і умов воно суттєво відрізняється. Співвідношення гусеничних і колісних тракторів, як і співвідношення, наприклад, орних і просапних, визначається технічними можливостями тракторів цих типів, специфічними умовами їх експлуатації в кожному конкретному випадку. Важливим аспектом типу тракторів є їх безпосередній і відстрочений вплив на екологічні обставини. Стосовно

до ходових систем, якісним показником їх екологічності, по-перше, слід розглядати ущільнення ґрунту, яке приводить до зниження як ефективної, так і потенційної врожайності. При цьому явище ущільнення підорного шару несе комутативний ефект з появою його в майбутньому. До такого роду явищ відноситься створення колії і буксування, що спричиняють, водну та вітрову ерозії ґрунту.

Переваги колісних і гусеничних ходових систем проявляються по-різному в конкретних умовах (табл. 8.6). Так, слід враховувати, що універсальність колісних тракторів, можливість успішного використання їх на перевезенні сільськогосподарські. вантажів забезпечують їх річну зайнятість, а це суттєво поліпшує економічні показники, знижує потребу в автомобільному транспорті і особливо це ефективно для малих господарств.

В екстремальних умовах (перезволожений ґрунт, поля на схилах, торф'яники, тощо) колісні трактори поступаються гусеничним за екологічністю, прохідністю і агротехнічними показниками. - При роботі з тяговим зусиллям, близьким до номінального, колісні трактори витрачають палива, в середньому, на 15...20% більше, ніж гусеничні; при роботі на малоенергоємних операціях витрати палива вирівнюються, з урахуванням малоенергоємних і транспортних операцій и середньому витрата палива машинним агрегатом з колісним трактором збільшується на 4.,5%. Відповідно збільшуючи.» викиди шкідливих речовин. При роботі з використання« потужності через ВРЗП в машинних агрегатах із збиральними машинами і активними робочими органами баланс зміщує І й ІІ на користь колісних машин. Ефективність вибору типу ходової системи можна визначити тільки при аналізі всього спектру робіт. Для ряду господарств (особливо мілких) інколи доцільно погодитися з перевитратою палива, але виграні в скороченні парку за рахунок універсальності.

Слід враховувати, що наявні об'єктивні фактори обмежують застосування колісних ходових систем. До таких факторів відносять:

2. забезпечення екологічності;
3. агротехнічні обмеження використання колісній тракторів на деяких операціях (наприклад, на закритій вологі);
4. обмеження застосування колісних тракторів за прохідністю в зоні зрошувального землеробства і в зоні підвищеної зволоженості на не меліорованих землях;

технологічні і екологічні обмеження - недоцільність використання колісних тракторів на операціях, що потребують більшого тягового зусилля, але виконуються на малих швидкостях (меліоративні і

землерийні роботи), а також в передгірських районах і на пересіченій місцевості.

Таблиця 8.6

Особливості гусеничних і колісних ходових систем

Показники	Тип ходової системи	
	Гусенична	Колісна
1	2	3
Буксування	+	-
Вплив на агрофон	+	-
Витрата палива на енергоємних роботах	+	-
Чутливість до погодних умов	+	-
Вартість	+	-
Агрегатування з енергоємними знаряддями	+	-
Універсальність	-	+
Маневровість	-	+
Трудомісткість технічного обслуговування	-	+
Стійкість на схилі	+	-
Транспортна швидкість	-	+
Пристосованість трансмісії для роботи з приводом машин від валу відбору потужності	-	+

*Примітка. Має переваги (+), гірші показники (-).*

## 6. Стабільність екологічно безпечних параметрів машинних агрегатів

В останній час при створенні факторів з високими показниками безпеки досягнуті значні успіхи. Проте проблему екологічної безпеки робіт в землеробстві не вирішити без забезпечення сталих параметрів машинного агрегату. В процесі експлуатації показники екологічної безпеки машин суттєво погіршуються: порушується регулювання вузлів і агрегатів за рахунок зношення деталей, відбувається старіння матеріалів.

Вивчення і локалізація впливу цих факторів необхідні для попередження шкідливої дії на екологію. Ніякі самі високі екологічні якості нового машинного агрегату не забезпечать охорону

навколишнього середовища, якщо не будуть вирішені питання їх стабільності в процесі експлуатації.

Самохідні машини є основним джерелом забруднення атмосферного повітря. При їх роботі разом з відпрацьованими газами дизелів в навколишнє повітря поступає значна кількість токсичних речовин. Це, в першу чергу, оксиди азоту і тверді частинки (сажа), які попадають на ґрунт і рослини» а також організм тварин і людей. Викиди екологічно шкідливих речовин регламентуються міжнародними стандартами і регіональними нормативними документами, такими наприклад, як стандарт ИСО789/4-86 "Сельскохозяйственные тракторы. Метода испытаний. Измерение дымности отработанных газов" и директивы Ради Європейського економічного співтовариства 77/537/ЄЕС від 28.06.77 "О мерах, ограничивающих выбросы загрязняющих частей дизелями, используемыми в колесных с.-х. и лесных тракторах".

В Україні керуються ГОСТ 17.2.2.02-86 "Охрана природы Атмосфера. Нормы и методы измерения дымности отработавших газов факторных и комбайновых дизелей" ГОСТ 17.2.2.05-86 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы методы измерения выбросов вредных веществ с отработавшими газами тракторных и комбайновых дизелів»

Методи визначення димності і викидів застосовуються при стендових випробуваннях дизелів. Контроль викидів шкідливих речовин у сільськогосподарські. виробництві, при ремонті машин і в експлуатації на сьогоднішній день неможливий.

Викиди і димність тракторів і самохідних сільськогосподарські. машин після капітального ремонту повинні бути такими, як і у нових машин.

Повинні бути регламентовані норми на викид і димність тракторів і самохідних сільськогосподарські. машин в експлуатації. В процесі роботи, як правило, порушується нормальне проходження робочого процесу дизеля і, в результаті чого, знижується максимальна температура згоряння і зменшується утворення оксидів азоту; в той же час збільшується димність і вміст оксидів вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах. Тому норми на викиди оксидів азоту в експлуатації слід зберегти незмінними, як і для нових машин; норми на викид оксидів вуглецю і вуглеводнів необхідно збільшити в 1,4... 1,5 рази.

Перевищення норм на димність і викиди є основою для заборони експлуатації тракторів і самохідних сільськогосподарські. машин до усунення причин, що викликали невідповідність цим нормам.

Контроль за дотриманням встановлених норм слід доручити державним і регіональним органам, що здійснюють нагляд за технічним і екологічним станом.

Формування екологічно безпечного машинно-тракторного парку сільськогосподарські підприємств повинно здійснюватися за такими напрямками:

- розробка прогнозів екологічних наслідків використання сільськогосподарські техніки при різних варіантах її розвитку;
- розробка і уточнення вимог до основних видів екологічно безпечної техніки і визначення обсягів надходження;
- організація роботи екологічно безпечного парку машин;
- розробка пропозицій до основ екологічного законодавства і держстандартів на експлуатаційні властивості і нормативно-технічні показники екологічно безпечної техніки;
- застосування екологічно безпечних мобільних енергозасобів і енергоустановок;
- розробка і впровадження екологічно чистих машинних технологій виробництва основних сільськогосподарські культур;
- впровадження експлуатаційних матеріалів для екологічних технологій використання сільськогосподарські техніки.

Для реалізації концептуальних напрямків удосконалення машинних технологій і системи машин з метою створення екологічно безпечних зон необхідно забезпечити:

- агротехнологічність, що гарантує вирішення екологічних проблем за рахунок гнучкої компоновки агрегатів на основі блочно-модульних принципів конструювання сільськогосподарські техніки;
- застосування нових матеріалів, енергоносіїв, джерел енергії;
- впровадження ходових систем з підвіскою, що включає асфальтохідні еластичні гусениці або шини низькою тиску (30...50кПа), або з регулюванням тиску повітря, що забезпечує рівномірний тиск без збільшення навантаження опорних елементів рушіїв на ґрунт з мінімальним буксуванням і попередженням переущільнення і руйнування ґрунту;
- створення гідросистеми на базі комплекту гідроагрегатів для роботи на рідинах, які не вміщують мінеральну основу; блока керування гідроапаратурою застосуванням електромагнітного приводу, що забезпечує автоматичне регулювання передачі потужності; арматури трубопроводів і рукавів, що мають абсолютну герметичність з'єднань і засобів контролю розриву гідролінії;
- реалізацію енергосилової установки трактора, що має дизель із



спеціальним малотоксичним робочим процесором, із регулюванням наддуву, електронним керуванням паливоподачею і повітростопоживанням, що обмежує крутний момент дизеля за параметрами димності і буксування рушіїв; впровадження малотоксичного двигуна: газодизель і чисто газовий двигун, що працює на всіх видах газів (в тому числі біогаз, комунальний, генераторний, тощо); застосування каталітичних нейтралізаторів і сажових фільтрів;

- проведення широкого комплексу робіт по зниженню шуму в джерелах виникнення і на шляхах його розповсюдження (зниження шуму від двигунів, трансмісій, застосування оригінальних шумових облицювань і віброізоляторів в кабіні, капотування і екранування двигунів, тощо).

### 7. Методика визначення параметрів екологічної безпеки МА

Комплексний критерій оцінки механізованих технологічних процесів (комплексів машин) визначається за формулою:

$$П_{тк} = \sqrt[5]{П_{ек} П_{як} П_{ее} П_{ме} П_{ел}}, \quad (8.1)$$

де  $П_{ек}$  - показник економічної ефективності;

$П_{як}$  - показник якості комплексів машин;

$П_{ее}$  - показник енергетичної ефективності;

$П_{ме}$  - показник матеріалоємності;

$П_{ел}$  - показник екологічності.

Показник економічної ефективності визначається так:

$$П_{ек} = \frac{K_{ек.н}}{K_{ек.δ}}, \quad (8.2)$$

де  $K_{ек.н}$  - коефіцієнт економічної ефективності запланованого комплексу машин;

$K_{ек.δ}$  - коефіцієнт економічної ефективності базового комплексу машин:

$$K_{ек} = \frac{\sum_{i=1}^t П_{pt_i}}{K}, \quad (8.3)$$

де  $K$  - капіталовкладення, грн.

$П_{pt_i}$  - прибуток з урахуванням інфляції за кожен окремий поточний рік, починаючи з другого від моменту реалізації капіталовкладень, грн;

$$П_{pt_i} = \frac{П_p}{(1 + In)^t}, \quad (8.4)$$

де  $П_p$  - прибуток в поточному році, грн;

$I_n$  - інфляція в поточному році;

$t$  - поточний рік експлуатації комплексу машин. Показник якості комплексів машин:

$$\Pi_{як} = \sqrt[n]{\Pi_{яа,1} \Pi_{яа,2} \Pi_{яа,3} \dots \Pi_{яа,n}}, \quad (8.5)$$

де  $\Pi_{яа,1}, \Pi_{яа,2}, \Pi_{яа,3}, \dots, \Pi_{яа,n}$  - показник дотримання встановлених нормативів якості і агротехнічної тривалості окремих операцій;

$n$  - кількість технологічних операцій.

Показник дотримання встановлених нормативів якості агротехнічної тривалості окремої операції визначається із формулою:

$$\Pi_{яа,i} = \left( \frac{B_1}{100} P_{к1} + \frac{B_2}{100} P_{к2} + \dots + \frac{B_m}{100} P_{км} \right) P_a, \quad (8.6)$$

де  $B_1, B_2, B_m$  - вагомість 1,2... $m$  нормативів якості, %;

$P_{к1}, P_{к2}, P_{к3}$  - ймовірність дотримання 1,2... $m$  нормативів якості;

$P_a$  - ймовірність дотримання нормативів агротехнічної тривалості. Показник енергетичної ефективності механізованого технологічного процесу:

$$\Pi_{ее} = \frac{K_{ее.n}}{K_{ее.δ}}, \quad (8.7)$$

де  $K_{ее.n}$  - коефіцієнт енергетичної ефективності запланованого технологічного процесу;

$K_{ее.δ}$  - коефіцієнт енергетичної ефективності базового технологічного процесу.

Коефіцієнт енергетичної ефективності визначається так:

$$K_{ее} = \frac{E_n}{E_3}, \quad (8.8)$$

де  $E_n$  - вміст енергії в продукції, МДж/кг;

$E_3$  - затрати енергії на виробництво продукції, МДж/кг:

$$E_3 = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^j E_i, \quad (8.9)$$

де  $H$  - урожайність культур, кг/га;

$j$  - кількість технологічних операцій;

$E_i$  - затрати сукупної енергії на  $i$ -ту операцію, МДж/га (формула 6.7). Показник матеріалоемності технологічного процесу:

$$P_{me} = \frac{K_{me,n}}{K_{me,b}}, \quad (8.10)$$

де  $K_{me,n}$  - коефіцієнт корисного використання матеріалів запланованого технологічного процесу;

$K_{me,b}$  - коефіцієнт корисного використання матеріалів базового технологічного процесу.

Коефіцієнт корисного використання матеріалів визначається так:

$$K_{me} = \frac{O_b}{O_v}, \quad (8.11)$$

де  $O_b$  - біологічно необхідна кількість матеріалів на технологічний процес, кг;

$O_e$  - вилучити матеріалу при виконанні технологічного процесу, кг. Показник екологічності комплексу машин визначається за формулою:

$$P_{el} = \sqrt[4]{P_{ne} P_{nu} P_{ng} P_{nz}}, \quad (8.12)$$

де  $P_{ne}$  - показник екологічності за енергонасиченістю;

$P_{nu}$  - показник екологічності за ущільненням ґрунту;

$P_{ng}$  - показник екологічності за виносом гумусу;

$P_{nz}$  - показник екологічності за забрудненням середовища.

Показник екологічності за енергонасиченістю визначається за формулою:

$$P_{ne} = \frac{P_{en}}{E_e}, \quad (8.13)$$

де  $P_{en}$  – межа енергонасичення (15,0 ГДж/га);

Показник екологічності за ущільненням ґрунту:

$$P_{nu} = \frac{P_{u}}{Y_{u}}, \quad (7.14)$$

де  $P_{u}$  - межа ущільнення ґрунту (1,5г/см<sup>3</sup>);

$Y_{u}$  - ущільнення ґрунту, г/см<sup>3</sup> (визначається згідно ГОСТ 26954-86).

Показник екологічності за виносом гумусу:

$$P_{ng} = \frac{P_{g2}}{M_{g2}}, \quad (8.15)$$

де  $P_{g2}$  - запаси гумусу в ґрунтах, т/га (на глибині 0...20см):

дерново-підзолисті	- 53	чорноземи:	- 137
		звичайні	
лісостепові	-109	вилужені	- 192
опідзолені			
сіроземи	- 37	звичайні	- 224
червоноземи	- 153	темно-каштанові	- 99

$M_{\text{вг}}$  - фактичні виноси гумусу при механізованих технологіях (з коренеплодами, при ерозії ґрунту, тощо).

$$M_{\text{вг}} = M_2 S_2, \quad (8.16)$$

де  $M_2$  - маса землі, що виноситься за межі поля, кг;

$S_2$  - процентний вміст гумусу в одиниці маси ґрунту, %:

дерново-підзолистих	- 1,5...5,0
сірих лісових	- 1,5...3,0
чорноземів звичайних і вилужених	- 8,0... 12,0
чорноземів південних, каштанових	- 4,0...5,0

Показник екологічності за забрудненням середовища хімічними препаратами:

$$P_{\text{нг}} = \frac{P_{\text{вг}}}{M_{\text{вг}}}, \quad (8.17)$$

де  $P_{\text{нг}}$  - граничне допустима концентрація шкідливих хімічних речовин в ґрунті, мг/кг:

ДДТ	-1,0	бутилацетат	- 0,1
хлорофос	- 0,5	бензопірен	- 0,02
карбофос	- 2,0	хлорамін	- 0,005
метанол	- 1,5	метафос	- 0,008

$M_{\text{хх}}$  - фактична маса забруднення, кг.

Оцінка технологічного комплексу машин комплексним ; критерієм, який характеризує якість виконання технологічного процесу, енергозбереження, ресурсозбереження, екологію та економіку, дозволить одержати значний ефект системного характеру на тривалу перспективу.

Таблиця 8.7

## Вміст енергії в урожаї сільськогосподарських культур

Культури	Вміст загальної енергії в 1 кг сухої речовини		Середній коефіцієнт вмісту сухої речовини
	МДж	ККал	
1	2	3	4
Пшениця озима (зерно)	19,13	4568,9	0,86
Жито (зерно)	19,49	4654,9	0,86
Ячмінь (зерно)	19,13	4568,9	0,86
Овес (зерно)	18,80	4490,1	0,86
Просо (зерно)	19,70	4705,0	0,86
Гречка (зерно)	19,38	4628,6	0,86
Рис (зерно)	18,59	4439,9	0,86
Горох (зерно)	20,57	4912,8	0,86
Соя (зерно)	20,57	4912,8	0,88
Кукурудза: зерно	17,60	4203,5	0,86
зелена маса	16,39	3914,5	0,25
Буряки цукрові	18,26	4361,1	0,14
Коренеплоди кормові	16,39	3914,5	0,25
Соняшник: насіння	19,38	4628,6	0,92
зелена маса	16,80	4012,4	0,25
Картопля	18,29	4368,3	0,20
Овочеві	14,36	3429,7	0,10
Люцерна на сіно	21,83	5213,8	0,25
Багаторічні трави на сіно	18,91	4516,4	0,20
Однорічні трави на сіно	16,39	3914,5	0,20
Лукопасовищні трави	16,19	3866,7	0,20
Зернофуражні культури на зелений корм	15,40	3678,1	0,30

**8. Ергономічність мобільних енергетичних засобів**

Продуктивність та ефективність використання тракторів і автомобілів в значній мірі залежить від умов праці водія, тобто від зручності керування, мікроклімату в кабіні, шуму і вібрації на робочому місці, а також від об'єму інформації, яку водій повинен засвоїти, прийняти по ній рішення і здійснити відповідну дію керування

машиною. Із зростанням швидкостей руху багато із цих показників погіршуються або значно підвищується їх інтенсивність, що в сукупності може призвести до швидкої стомлюваності водія. Вивченням процесів взаємодії машини і водія, а також закономірностей впливу різноманітних факторів, які проявляються в конкретних виробничих умовах, займається наукова дисципліна - ергономіка, її мета - оптимізація трудової діяльності водіїв на основі обґрунтування, та запровадження технічно можливих і економічно доцільних методів і засобів керування. Фактори операторської діяльності:

- конструктивні, які характеризують взаємозв'язок властивостей конструкції машини з властивостями людини;
- технологічні, які характеризують особливості функціональних задач водія в процесі виконання конкретних технологічних операцій з урахуванням факторів виробничого середовища.

Ергономічні показники, які характеризують взаємодію властивостей людини і машини при виконанні функціональних задач, сформульовані в державних стандартах (ГОСТ 16456-80), їх можна об'єднати в такі групи:

- антропометричні (розміри і форма тіла, перерозподіл маси тіла і т. ін.);
- фізіологічні (силові, швидкісні, енергетичні) можливості людини;
- психофізіологічні (зорові, слухові, відчутні, смакові) можливості;
- психологічні (формування і фіксування навичок, сприйняття і переробка інформації і т. ін.);
- гігієнічні (показники, які пов'язані з захистом оператора від дії шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища).

Одиничні ергономічні показники опрацьовані для тих елементів машини, з якими безпосередньо взаємодіє оператор:

- робоче місце (розташування його на тракторі, засоби доступу на робоче місце, кабіна і її обладнання, сидіння для водія, органи управління і засоби відображення інформації);
- технічні пристрої по керуванню (конструкції привідних механізмів, засоби освітлення, візири і орієнтири руху);

механізми, які потребують технічного обслуговування (зручність доступу до місць ТО, періодичність ТО, інструмент, який використовується при проведенні ТО).

Ергономічні показники можуть бути виражені в фізичних (Н, м, с, т. ш.) і в відносних (балах, долях одиниць) величинах:

- А) 1,0...0,8 (відмінно) - фактичні показники знаходяться у повній відповідності з нормативними (еталонними), або перевищують їх;

Б) 0,7...0,6(добре) - фактичні показники знаходяться у частковій відповідності до нормативних (еталонних);

В) 0,5...0,2 (задовільно) - відповідність показників умовна (потрібне ергономічне доопрацювання);

Д) 0,1 та нижче (незадовільно) - немає ніякої відповідності між фактичними і нормативними показниками. Якісний рівень машини оцінюється шляхом порівняння її ергономічних показників із показниками базового зразка (еталона).

Стандартом також установлені комплексні ергономічні показники якості енергетичних машин, які знаходяться у зв'язку з особливостями діяльності оператора.

*Інтегральний показник* в цілому характеризує рівень якості енергетичних мобільних машин.

Основні *узагальнюючі показники* відображають:

- сукупність ергономічних властивостей машини стосовно до функціональних задач операторської діяльності;

- сукупність властивостей конструкції, які обумовлені гігієнічними вимогами;

- сукупність властивостей конструкції стосовно до функцій технічного обслуговування. Ергономічність - це комплексна властивість машини, яка характеризує напруженість і інтенсивність праці обслуговуючого персоналу. Чим вище ергономічність, тим більша працездатність і продуктивність праці оператора, тим менше часу витрачається на перерви для відновлення фізичних сил, менше витрачається нервової та мускульної енергії, зменшується кількість професійних захворювань, зникає брак в роботі.

Оптимізувати трудову діяльність можна при умові, що працездатність механізатора оцінюється не тільки кількісними і якісними показниками виконаного завдань, але й фізіологічними змінами в організмі. До ергономічних властивостей можна віднести силові і швидкісні властивості людини, можливості його органів самоаналізу (слух, зір, відчутність), швидкість реакції і інші, котрі з'являються в процесі трудової діяльності.

Ергономічні показники характеризують систему в цілому: людина - машина-об'єкт праці, і враховують комплекс гігієнічних, антропометричних, фізіологічних, психологічних і психофізіологічних властивостей людини.

Особливе значення мають наступні показники:

- зручність під час виконання роботи - зручність пози механізатора, раціональність компоновки органів керування, величина і напрямок дії

робочих зусиль;

- зручність сприйняття інформації — ефективність слухового і зорового сприйняття інформації, сигналізації, оформлення шкал, ергономічної обґрунтованості кольорів у відповідності і психофізіологічними вимогами;

- зручність обслуговування - відповідність вимогам технічної гігієни;

- комфортабельність - зручне розташування приладів і органів керування, ефективність вентиляції, освітлення, низький рівень шуму та вібрації.

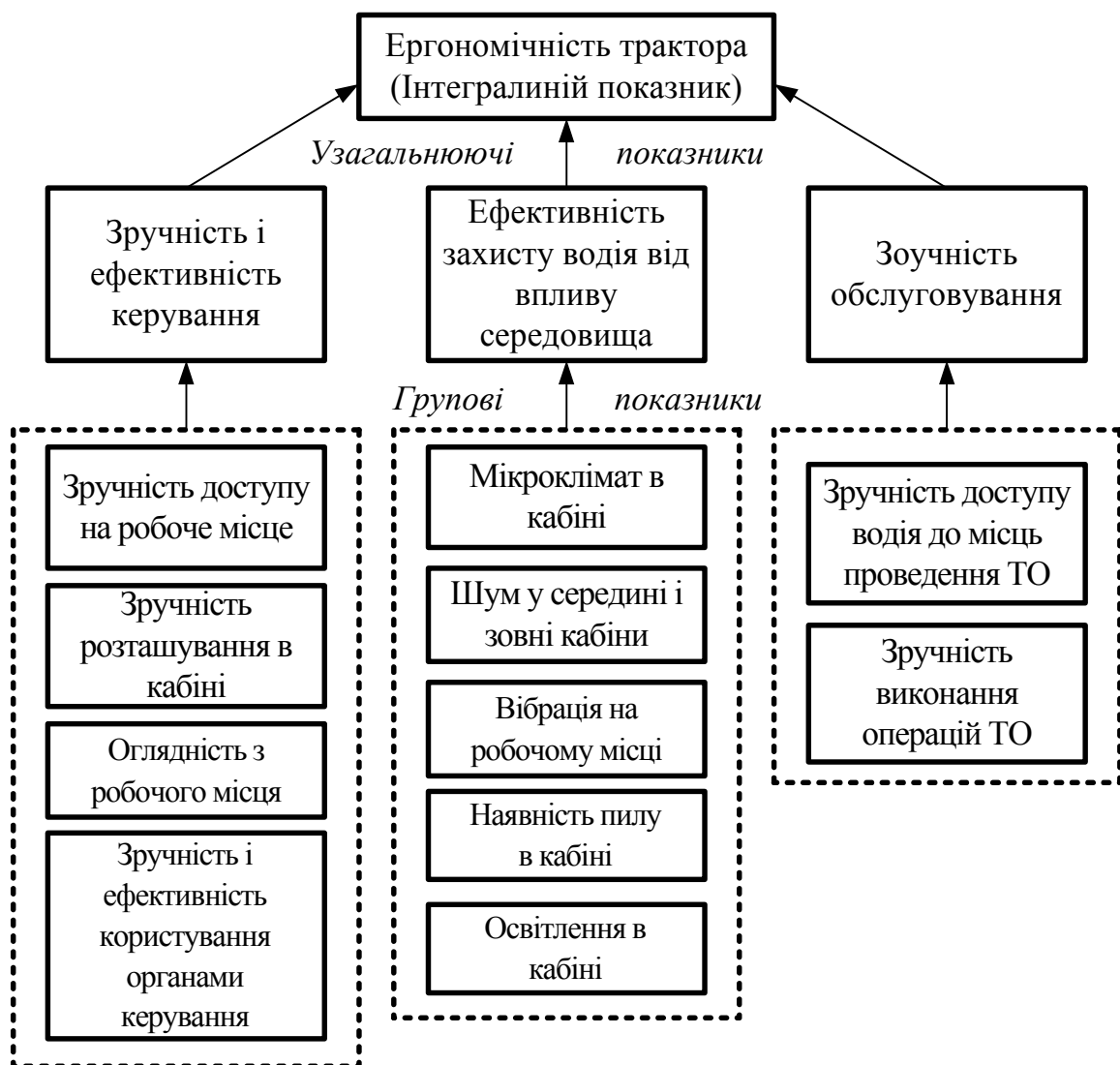


Рис. 8.1 - Комплексні ергономічні показники якості енергетичних мобільних машин

На стадії проектування машини необхідно враховувати відповідність конструкції органів керування розмірам тіла оператора, відповідність конструкції сидіння розподілений-маси людини, а також



відповідність конструкції машини зоровим, слуховим, психофізіологічним і відчутним можливостям людини.

Умови роботи механізаторів залежать від конструктивних і експлуатаційних факторів. При конструюванні робочою місця необхідно враховувати позу оператора, його рухи, дихальну функцію, сприйняття дійсності, пам'ять, мислення, засоби передачі інформації, параметри інструментів! і т. ін. Глибина і ширина сидіння, висота спинки, кут нахилу, відстані до важелів керування, положення тіла відносно щіпка приладів і вікон повинні регулюватися індивідуально. Органи керування повинні бути розташовані так, щоб руки і нога механізатора не були перевантажені і використовувались ефективно. Органи керування умовно ділять на такі, які використовуються постійно, часто і рідко. Рукоятки, які використовуються часто, повинні виготовлятися з матеріалу малої теплопровідності. Зусилля по керуванню не повинні перевищувати: на штурвалі - 30Н, на важелях, які часто використовуються - 60Н, на органах управління двигуном - 30Н і на інших важелях і педалях - 120Н. Для важелів і педалей, які рідко використовуються (не більше 5 разів за зміну) допускається зусилля до 200Н. Сидіння повинні бути одномісними, підресореними, з амортизаторами. Місце розташування сидіння із спинкою повинно мати регулювання по висоті  $\pm 40$ мм і в поздовжньому напрямку  $\pm 75$ мм. Нижня точка штурвалу повинна бути на 250...300мм вище сидіння і на 400...500мм попереду спинки.

ГОСТ16527-80 передбачає в кабіні обмеження максимальної і мінімальної температури повітря. Влітку температура в кабіні не повинна перевищувати температуру зовнішнього повітря більш ніж на 2...3°C, але не повинна бути більша 28°C при включеному кондиціонері. Система обігрівання кабіни повинна забезпечувати під час руху машини температуру повітря в кабіні не менше 14°C при температурі зовнішнього повітря до -20°C.

Кабіну слід обладнати вентилятором з відокремленням пилу, який забезпечував би 20-ти кратний обмін повітря за годину при швидкості руху повітряних мас до 1,5м/с.

Гранично допустима концентрація пилу в повітрі кабіни: з вмістом 10% піску - 4мг/м<sup>3</sup>; з вмістом рослинного пилу (без піску і токсичних речовин) - 10мг/м<sup>3</sup>; з вмістом вуглекислого газу - 20мг/м<sup>3</sup>.

*Довідка: в кабінах сучасних швидкісних тракторів запиленість досягає 200...250мг/м<sup>3</sup>.*

Шум негативно впливає на нервову систему і органи слуху, знижує працездатність. Вплив шуму на організм людини залежить від його рівня

(дБ) і частоти (Гц). Допустимий рівень шуму в кабіні трактора: 100 дБ в діапазоні частот до 300 Гц; 80...85 дБ в діапазоні частот 300...800 Гц і 75...80 дБ в діапазоні частот понад 800 Гц. Шум в кабіні можна зменшити постановкою глушника (хоча він "зменшує потужність" двигуна на 2,9...3,7 кВт) і застосуванням протишумової ізоляції.

Коливання трактора здійснюють складний біологічний вплив на організм механізатора і можуть призвести до змін, які стосуються його функціонального стану, роботоздатності, здоров'я. Діяння коливань залежить від їх частоти, амплітуди, довготривалості і напрямку. Поодинокі діяння великої інтенсивності можуть призвести до струсів, контузії, коливання з частотою до 5Гц можуть викликати серечно-судинні розлади. При коливаннях від 5...11Гц спостерігаються резонансні коливання деяких частин тіла. Коли коливання діють впродовж значного часу в організмі можуть відбутися незворотні явища.

Вібрація - це механічні коливання, які призводять до відчуття струсу. Тривала дія вібрації на організм викликає вібраційну хворобу.

Зручність обслуговування машинного агрегату оцінюється такими показниками:

простота технічного обслуговування:

$$K_{np} = \frac{T_p}{T_p + t_p}, \quad (8.18)$$

простота технологічного обслуговування:

$$K_T = \frac{T_p}{T_p + t_T}, \quad (8.19)$$

де  $T_p$  - загальна тривалість основної роботи, год;

$t_p$  - час на регульовальні операції ТО, год;

$t_T$  - тривалість технологічних простоїв, год.

Естетичне оформлення сільськогосподарських машин значно полегшує умови праці механізаторів. Естетичність обумовлюють форми, гармонія, композиція, стиль. Естетичність - комплексна "властивість машини, яка впливає на сприйняття її людиною в цілому. Мети естетична машина втомлює людину, відволікає її увагу від процесу праці, в результаті чого збільшується наявність браку, знижується продуктивність праці.

До естетичних показників відносяться; стильова відповідність, відповідність моді, функціонально-конструктивна пристосованість, окраска, ретельність оздоблення поверхні, закругленість спряжених поверхонь і т. ін.

Естетичні властивості нерідко мають переваги над іншими властивостями. Це інтегральний показник якості. Естетичний рівень техніки повинен навіть бути попереду технічних показників. Дизайн для багатьох видів виробів визначає їх конкурентоспроможність на світовому ринку. Він об'єднує економіку, ергономіку, естетику техніки.

1. Бендера І.М. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс [навч. посіб. для студентів інженерних спеціальностей осв.-кваліф. рівня "Бакалавр"] / за ред. І. М. Бендери, В. П. Грубого, П. І. Роздорожнюка. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. – 576с.
2. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. / Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 288с.
3. Ільченко В.Ю. Машиновикористання в землеробстві./ Ільченко В.Ю. – К.: Вища школа 1993.- 384 с.
4. Будько Ю.В. Експлуатація МТП. / Будько Ю.В. – Минск, Урожай. 1991.-286 с.
5. Иофинов С.А. Эксплуатация МТП. / Иофинов С.А., Лышко Г.П. – М.: Колос, 1984.- 351с.
6. Иофинов С.А. Справочник по эксплуатации МТП. / Иофинов С.А., Лышко Г.П. и др. М.: Колос, 1984.-294 с.

**Рейтингова система балів з дисципліни  
«Експлуатація машин і обладнання»**

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти здійснюється за рейтинговою системою балів. Для забезпечення конкретної оцінки всіх видів роботи здобувачів вищої освіти максимальна кількість залікових балів за кожний модуль приймається 100 з наступним перерахунком в загальну оцінку через коефіцієнт вагомості модуля. Оцінка виставляється у відповідності із приведеною шкалою.

**Шкала оцінок**

<b>За шкалою ECTS</b>	<b>За національною шкалою</b>	<b>За шкалою навчального закладу (як приклад)</b>
<b>A</b>	5 (відмінно)	90 – 100
<b>BC</b>	4 (добре)	75 – 89
<b>DE</b>	3 (задовільно)	60 – 74
<b>FX</b>	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання	35 – 59
<b>F</b>	2 (незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1 – 34

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гавриш В. І. Основи теорії розрахунку мобільних енергетичних засобів : навчальний посібник / В.І. Гавриш, О.В. Бондаренко. – Миколаїв: МДАУ, 2011. – 284 с.
2. Бендера І. М. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс : [навч. посіб. для студентів інженерних спеціальностей осв.-кваліф. рівня "Бакалавр"] / за ред. І. М. Бендери, В. П. Грубого, П. І. Роздорожнюка. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. – 576 с.
3. Ільченко В. Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В. Ю. Ільченко. – К. : Вища школа 1993. – 288 с.
4. Ільченко В. Ю. Машиновикористання в землеробстві / В. Ю. Ільченко. – К. : Вища школа, 1993. - 384 с.
5. Будько Ю. В. Експлуатація МТП / Ю. В. Будько. – Минск : Урожай, 1991. - 286 с.
6. Бондаренко Н. Г. Експлуатація МТП / Н. Г. Бондаренко. – К. : Вища школа. 1984. - 198 с.
7. Иофинов С.А. Експлуатація МТП / С. А. Иофинов, Г. П. Лышко. – М. : Колос, 1984. – 351 с.
8. Иофинов С. А. Справочник по эксплуатации МТП / С. А. Иофинов Г. П. Лышко. - М. : Колос, 1984. - 294 с.
9. Четыркин Б. Н. Сельскохозяйственные машины и основы ЗМТП / Б. Н. Четыркин, З. И. Воцкий. – М. : ВО "Агропромиздат", 1989. – 238 с.

Навчальне видання

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**

Методичні рекомендації

Укладачі:

**Марченко Дмитро Дмитрович**

**Артюх Віталій Олександрович**

**Лимар Олександр Олександрович**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. \_\_.

Тираж \_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.