

## 1.2 Експлуатаційні властивості тракторів

[1 Експлуатаційні властивості двигунів](#)

[2 Експлуатаційні режими роботи двигуна](#)

[3 Регуляторна характеристика двигуна та її використання](#)

[4 Ефективна потужність двигуна та її зміни в період експлуатації](#)

[5 Годинна та питома витрата палива двигуном](#)

[6 Основні експлуатаційні властивості тракторів. Баланс потужності трактора та її аналіз. Коефіцієнт корисної дії трактора](#)

[7 Використання вала відбору потужності \(ВВП\) трактора, навісної і причіпної системи трактора](#)

[8 Шляхи поліпшення експлуатаційних властивостей тракторів](#)

### 1 Експлуатаційні властивості двигунів

Основні показники експлуатаційних властивостей тракторних двигунів поділяють на технічні і економічні (рис.1.2.1).



Рис. 1.2.1. Основні експлуатаційні показники роботи ДВЗ

Між експлуатаційними показниками двигуна існують такі співвідношення:

$$N_e = R M_e n,$$

де  $R = 6,28$  при  $n$  в  $c^{-1}$ , і  $R = 0,105$  при  $n$  в  $хв^{-1}$ ;

$$g_e = 1000 G_T / N_e.$$

Ефективна потужність (номінальна) – потужність, яку створює двигун на колінчастому валу і яку можна використовувати для корисної роботи.

Індикаторна потужність – потужність, яку створюють гази в циліндрах двигуна.

### 2 Експлуатаційні режими роботи двигуна

Враховуючи особливості експлуатації машинно-тракторного агрегату, для дизеля можна виділити три основних навантажувальних режими роботи двигуна:

- при робочому ході агрегату під час виконання конкретної технологічної операції;
- при холостому ході агрегату (холості заїзди при поворотах на кінцях загінки, переїзд з однієї загінки на іншу);
- робота в холосту під час короткочасної зупинки.

Двигун трактора може мати також інші навантажувальні режими, наприклад, при рушанні агрегату з місця, у випадках подолання короткочасних перевантажень під час робочого ходу.

Найбільш ефективний і економічний режим роботи двигуна такий, коли його завантаження наближається до номінального.

### 3 Регуляторна характеристика двигуна та її використання

Названі раніше режими роботи двигуна в різних експлуатаційних умовах легко простежити на регуляторній характеристиці.

Регуляторна характеристика, або швидкісна характеристика – це залежність крутного моменту, ефективної потужності, годинної та питомої витрати палива від частоти обертання колінчастого валу при роботі двигуна на регуляторі. За допомогою регуляторної характеристики можна оцінити економічність та ефективність режимів роботи двигуна на регуляторі.

Швидкісна характеристика двигуна - це графік залежності ефективної потужності і крутного моменту двигуна, годинної і питомої витрати палива від режиму завантаження двигуна.

Характеристику визначають послідовним збільшенням навантаження від нульового до повного, що відповідає максимальному крутному моменту. Частота обертання при повній подачі палива і відсутності навантаження – максимальна частота холостого ходу. Це максимально можлива частота обертання колінчастого вала двигуна. Номінальну частоту обертання для двигуна призначає завод-виробник. Це частота, яка відповідає максимальній потужності двигуна при знятті характеристики. Частота обертання колінчастого вала двигуна, яка відповідає максимальному крутному моменту значно менша від номінальної. Отримати її можна при перевантаженні двигуна. Характеристики визначають при повній подачі палива (граничному положенні важеля керування регулятором). Характеристику визначену при неповній подачі полива (проміжному положенні важеля керування регулятором) називають частковою регуляторною характеристикою.

( <http://repo.sau.sumy.ua/bitstream/123456789/768/1/2503.doc> )

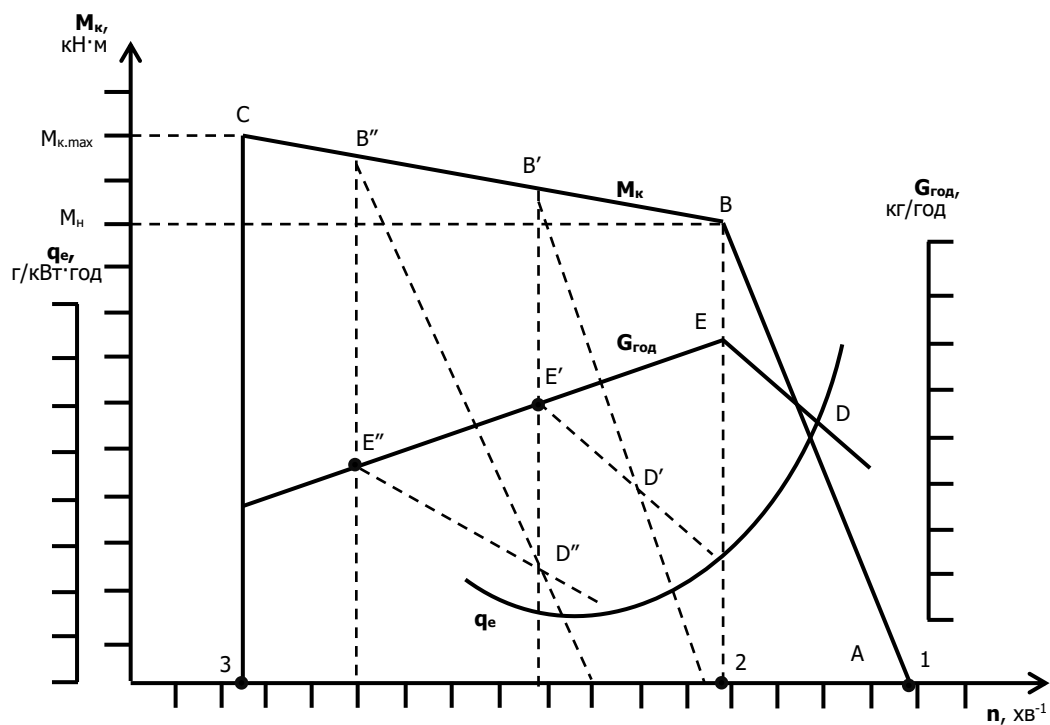
Будують регуляторну характеристику в прямокутній системі координат.

Регуляторна характеристика побудована в функції від частоти обертання колінчастого валу, зручна для аналізу показників роботи двигуна в області перевантаження і на різних швидкісних режимах, які встановлюються всережимним регулятором.

Вихідними даними для побудови регуляторної (швидкісної) характеристики є одержані для конкретного двигуна (на основі його випробувань) значення ефективних крутних моментів  $M_e$ , годинної витрати пального  $G_T$ , для ряду значень частоти обертання колінчастого валу  $n$ . Потужність  $N_e$  та питому витрату палива  $g$  визначають за вище приведеними формулами.

Регуляторна характеристика подана на рисунку 1.2.1 (для спрощеного розуміння на рисунку криву потужності не показано). Ділянка АВ характеристики називається регуляторною гілкою, ділянка ВС – безрегуляторною, або перевантажувальною. Характер протікання безрегуляторної гілки визначається особливістю будови коректора.

На характеристиці можна виділити точки, які відповідають таким режимам роботи двигуна: А – максимальній частоті обертання колінчастого вала двигуна на холостому ходу  $n_{max}$ ; В – на кривій крутного моменту проти  $n_n$  (номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна) – номінальному крутному моменту під час роботи на регуляторі, номінальній потужності і найбільшій годинній витраті палива; С – на кривій крутного моменту проти  $n_{min}$  (мінімальна частота обертання колінчастого вала двигуна на без регуляторній гілці характеристики) – максимальному крутному моменту.



1.2.2. Регуляторна характеристика двигуна

Оскільки на двигунах сучасних тракторів встановлені всережимні регулятори, то практично, крім основного режиму, що відповідає повній подачі палива (ділянка графіка ВА по  $M_k$  і ED по  $G_T$ ), можна мати проміжні режими, яких для прикладу на графіку показано два – за крутним моментом В'А' і В''А'' і за годинною витратою палива Е'Д' і Е''Д''.

Кількість проміжних режимів визначають за кількістю можливих положень важеля подачі палива, а при плавному регулюванні подачі таких режимів багато.

Застосування все режимного регулятора сприяє економії палива, особливо під час роботи з недовантаженням. Якщо, наприклад, під

час руху на встановленій передачі на якійсь ділянці заїмки навантаження зменшується, а підвищення швидкості обмежене кількістю роботи, то тракторист переходить на проміжний режим, досягаючи зменшення витрати палива.

Коефіцієнт пристосованості двигуна, який характеризує його властивість переборювати короточасні перенавантаження, визначають за формулою:

$$K_n = M_{\max} / M_n$$

$M_{\max}$  – максимальний крутний момент двигуна, кН·м;

$M_n$  – номінальний крутний момент двигуна, кН·м.

Для дизельних двигунів коефіцієнт пристосованості знаходиться в межах  $K_n = 1,05 \dots 1,2$ , а для карбюраторних двигунів –  $1,05 \dots 1,09$ .

Коефіцієнт пристосованості двигуна за частотою обертання:

$$K_{n,\omega} = n_n / n_{\min}$$

$n_n$  – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв<sup>-1</sup>;

$n_{\min}$  – мінімальна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв<sup>-1</sup>

Коефіцієнт пристосованості двигуна за частотою обертання для дизеля знаходиться в межах  $K_{n,\omega} = 1,3 \dots 1,6$ .

Чим більший коефіцієнт пристосованості двигуна за частотою обертання, тим краще двигун долає перевантаженості більшої тривалості.

Важливим економічним показником є ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна – для дизельних двигунів він складає  $0,31 \dots 0,40$ ; для карбюраторних –  $0,23 \dots 0,29$ .

#### 4 Ефективна потужність двигуна та її зміни в період експлуатації

Індикаторна потужність – потужність, яку створюють гази в циліндрах двигуна.

Ефективна потужність (номінальна) – потужність, яку створює двигун на колінчастому валу і яку можна використовувати для корисної роботи.

Ефективна потужність менша від індикаторної на величину потужності, затраченої на тертя поршнів об стінки циліндрів, шийок колінчастого вала об підшипники, на приведення в дію газорозподільного механізму, водяного, масляного і паливного насосів, вентилятора, генератора тощо.

Відношення ефективної потужності до індикаторної називається механічним коефіцієнтом корисної дії. Для чотиритактних дизельних двигунів величина механічного коефіцієнта становить  $0,7 \dots 0,82$ .

В умовах експлуатації в залежності від завантаження двигуна показники його змінюються, в т.ч. і ефективна потужність двигуна. Це добре видно на регуляторній характеристиці. Ефективна потужність змінюється в залежності від числа обертів колінчастого вала. При збільшенні числа обертів потужність двигуна теж збільшується. Проте збільшувати оберти колінчастого вала можна до певної величини, залежно від конструкції двигуна. При перевищенні цієї кількості обертів потужність двигуна знижується, бо зменшується наповнення циліндра повітрям, а також погіршується процес згорання палива і зростають механічні втрати. Тому при зазначенні потужності двигуна завжди вказують число обертів колінчастого вала, якому ця потужність відповідає. Ефективна потужність дизеля залежить від кількості впорскуваного палива й моменту початку впрыскування, тому необхідно велику увагу приділяти регулюванню паливної апаратури.

Вплив на ефективну потужність має також температура навколишнього середовища. В результаті підвищення температури навколишнього середовища до циліндра надходить менше повітря, що призводить до неповного згорання паливо-повітряної суміші – до зменшення ефективної потужності двигуна. При збільшенні температури повітря навколишнього середовища для двигуна ЯМЗ-236Д-3 спостерігається зниження ефективної потужності двигуна в середньому на 1% на кожні 5°C. Таким чином, підвищення температури навколишнього середовища з 15 до 40°C призводить до зменшення ефективної потужності двигуна на 5%, що, згідно ГОСТ 18509-88, вважається відказом двигуна, при якому подальша його експлуатація неприпустима.

Дослідження, проведені науковцями ГОСНИТИ, показують що дизельні двигуни тракторів, комбайнів, інших мобільних машин є одним із самих низьконадійних агрегатів.

- При експлуатації двигуна ефективна потужність поступово падає. Уже після 1200...1500 год. роботи цей показник може погіршитись на 6...10 %. Як показує виробничий досвід, основні причини цих змін – розрегулювання паливної системи, механізму газорозподілу, засмічення системи подачі повітря, зношення кілець.

- В більшості випадків тільки якісним виконанням операцій технічного обслуговування і заміною кілець відновлюється потужність двигуна до номінального значення.

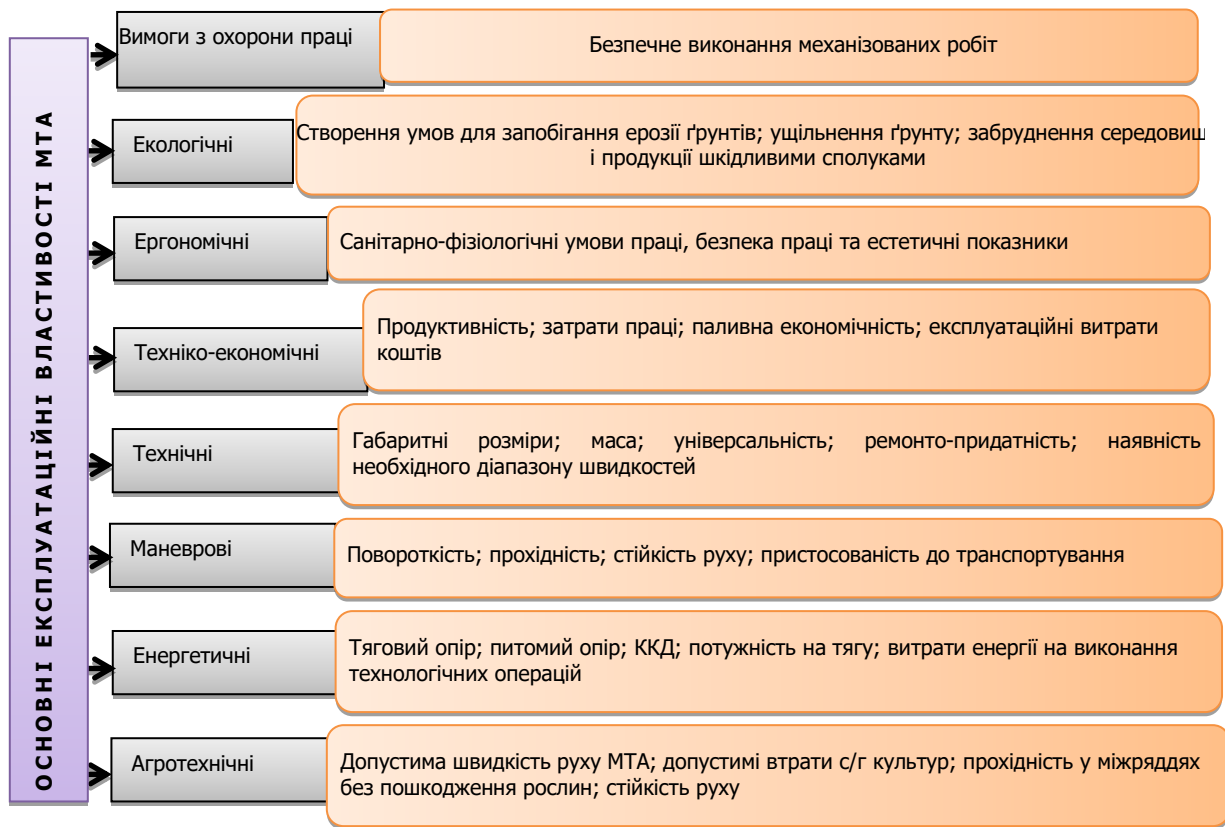
- Зниження потужності двигунів має два негативних наслідки: перший – зниження продуктивності через зниження робочих швидкостей; другий – перевитрата палива через зниження потужності двигунів.

#### 5 Годинна і питома витрата палива двигуном

Економічність роботи двигуна оцінюється питомою витратою палива – кількість палива в грамах, що витрачається на одиницю ефективної потужності двигуна за годину роботи (г/кВт·год).

Годинна витрата палива – це кількість палива, яку витрачає двигун за годину безперервної роботи, кг/год.

#### 6 Основні експлуатаційні властивості тракторів. Баланс потужності трактора та її аналіз. Коефіцієнт корисної дії трактора



**Рис. 1.2.3. Основні експлуатаційні властивості МТА**

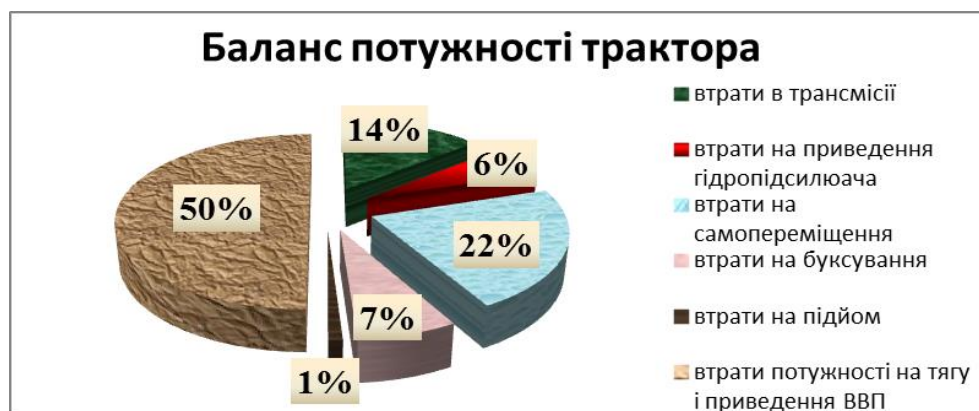
Головні експлуатаційні властивості тракторів – потужність двигуна і потужність, яка витрачається на тягу сільськогосподарських машин і приведення в дію їх робочих органів; діапазон робочих швидкостей руху; витрата палива на одиницю роботи; маневреність і стійкість руху; зручність агрегування і технічного обслуговування; надійність і довговічність основних деталей і збірних одиниць та ремонтпридатність їх; ступінь уніфікації збірних одиниць з іншими тракторами, самохідними шасі, комбайнами.

Під час роботи трактора на польових роботах не вся ефективна потужність двигуна витрачається на корисну роботу. Значна її частина витрачається на подолання різних опорів.

Якщо трактор рухається рівномірно, мають місце такі втрати потужності:

1. На подолання тертя в трансмісії,  $N_{тр}$ .
2. На подолання підйому,  $N_i$ .
3. На самопересування,  $N_f$ .
4. На буксування,  $N_\delta$ .

Решта потужності витрачається на корисну роботу,  $N_{гак}$  та  $N_{ввл}$  (втрати потужності на вал відбору потужності, кВт).



#### 1.2.4. Баланс потужності трактора

Величина ефективної потужності двигуна повинна дорівнювати сумі всіх опорів, тобто:

$$N_e = N_{тр} + N_\delta + N_i + N_f + N_{гак} + N_{ввл}, \text{ кВт}$$

Це рівняння називається рівнянням робочого балансу потужності при сталому русі.

Розглянемо складові балансу потужності:

- втрати потужності в трансмісії виникають внаслідок тертя між зубами шестерень і в підшипниках; частина енергії витрачається на

переміщення масла в картерах, а також на подолання тертя в механізмах гусеничного ходу:

$$N_{тр} = N_e (1 - \eta_{тр}), \text{ кВт},$$

де  $\eta_{тр}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

$\eta_{тр} = 0,90 \dots 0,92$  – для колісних тракторів;

$\eta_{тр} = 0,86 \dots 0,88$  – для гусеничних тракторів.

Втрати потужності в трансмісії залежать від правильності і точності її складання, якості мащення, її відповідності технічним умовам, від ретельності технічного обслуговування і регулювань.

- втрати потужності на подолання опору коченню (на самопересування) витрачаються на утворення колії ходовим апаратом, на подолання сил тертя в підшипниках передніх коліс (гусеницях) трактора, на компенсацію ударів, що виникають внаслідок трясіння трактора.

$$N_f = (G_{тр} \cdot f \cdot v_p) / 3,6 \text{ кВт}$$

де  $G_{тр}$  – вага трактора, кН.

$v_p$  – робоча швидкість руху, км/год.

$$v_p = v_t (1 - \delta / 100), \text{ км/год.},$$

$v_t$  – теоретична швидкість руху, км/год.

- втрати потужності на подолання підйому:

$$N_i = (G_{тр} \cdot i \cdot v_p) / 3,6 \text{ кВт}$$

де  $i$  – нахил поля, соті долі відсотка

- втрати потужності на буксування за формулою:

$$N_\delta = N_e \cdot \eta_{тр} \cdot \delta, \text{ кВт},$$

де  $\delta$  – величина буксування трактора.

Буксування ( $\delta$ ) залежить від типу ходового апарату трактора, механічного стану і вологості ґрунту. За агротехнічними вимогами щодо якості виконання механізованих робіт допустиме буксування для колісних тракторів – до 15 %; для гусеничних – до 5 %.

Корисна потужність трактора ( $N_{гак}$ ), тобто потужність, що втрачається для тяги і приведення робочих органів сільськогосподарських машин визначається:

$$N_{гак} = N_e - (N_{тр} + N_f + N_i + N_\delta), \text{ кВт},$$

Корисна потужність  $N_{гак}$  залежить від умов роботи і змінюється в значних межах. Загальну оцінку ефективності використання трактора виражає його коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = N_{гак} / N_e$$

## 7 Використання вала відбору потужності (ВВП) трактора, навісної і причіпної системи трактора

Потужність трактора передається робочим машинам і знаряддям, які агрегатуються з ним, через вали відбору потужності (ВВП), навіски, причіпні системи трактора і приводні шківів.

Для з'єднання начіпної машини з трактором і керуванням її роботою служить начіпна система. Трактор, начіпна система і сільськогосподарська машина утворюють начіпний агрегат. Начіпні агрегати мають ряд переваг перед причіпними: хороша маневреність, у них більш висока продуктивність, менша витрата палива на одиницю виконаної роботи, відносно мала металомісткість, для обслуговування необхідна менша кількість персоналу.

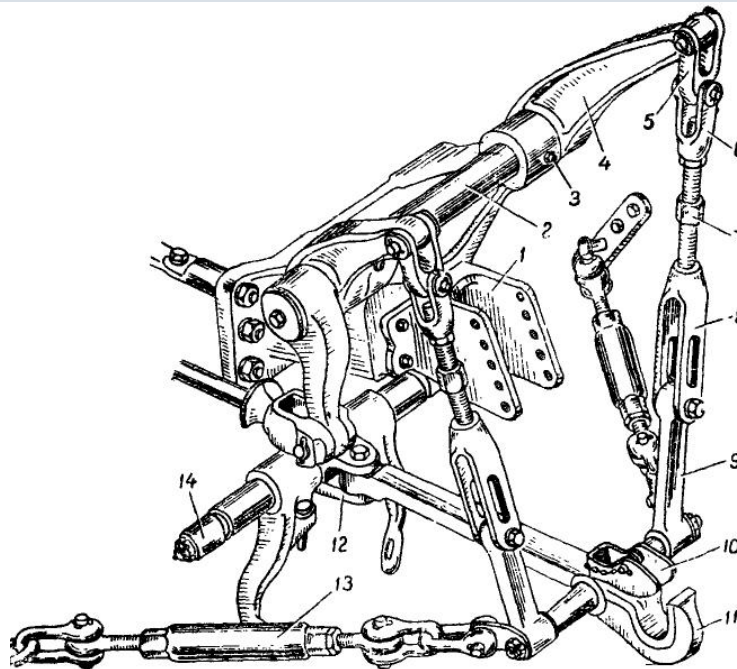
Можливі різні варіанти розміщення начіпних машин і їх навіски в тракторному агрегаті: задня, фронтальна, бокова, комбінована.

Причіпний пристрій служить для транспортування причіпних машин і встановлюється, як правило, на начіпному пристрої трактора.

Для роботи з одновісними причепами, трактори обладнують причіпними гідрофікованими крюками.

Приводні шківів можуть встановлюватись у колісних універсально-просапних тракторах на ВВП.

Вал відбору потужності (ВВП) призначений для приводу робочих органів приєднаних до трактора сільськогосподарських машин. Використовуючи вали відбору потужності, можна механізувати роботи не тільки в землеробстві, а й при заготівлі і силосуванні кормів, навантажувальних та інших сільськогосподарських роботах. Це підвищує завантаження трактора і його річну виробітку.



### 1.2.5. Гідрофікований причіпний гак (<http://texnika.megapetroleum.ru/pricepnoe-ustrojstvo-traktorov-t-40-t-40a/>)

Відносно розміщення на тракторі ВВП може бути заднім, боковим і переднім. Відповідно до швидкісного режиму ВВП розрізняють: з постійною і змінною частотою обертання (синхронні).

За способом привода ВВП поділяються на залежні, незалежні і частково залежні. Якщо ВВП приводиться від одного з валів трансмісії, які передають рух до ведучих коліс, то робота ВВП залежить від дії зчеплення. Такий привод називається залежним.

Якщо ВВП приводиться в рух безпосередньо від колінчастого вала, тобто має свою трансмісію, незалежну від коробки передач, то його називають незалежним.

Частково незалежні ВВП відрізняються від незалежних тим, що можуть вмикатися і вимикатися при зупиненому тракторі, але не допускають перемикання на ходу. (<http://lib.lntu.info/book/mbf/sgm/2011/11-61/i8.html>)

Потужність, яку можна передати на привід механізмів робочої машини

$$N_{\text{еп}} = N_{\text{е}} - N_{\text{га}}, \text{ кВт},$$

де  $N_{\text{еп}}$  – ефективна потужність, що йде від двигуна на привід робочих органів машини, кВт;

$N_{\text{га}}$  – потужність, яка витрачається на самопересування трактора і тягу робочої машини, кВт.

$$N_{\text{га}} = ((R_{\text{коч.тр}} + R_{\text{коч.м}}) V_p) / (3,6 \eta_{\text{тр}} \eta_{\delta})$$

де  $\eta_{\text{тр}}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора;

$\eta_{\delta}$  – коефіцієнт буксування;

$R_{\text{коч.тр}}$  – опір коченню трактора, кН;

$$R_{\text{коч.тр}} = G_{\text{тр}} (f + i/100), \text{ кН},$$

де  $G_{\text{тр}}$  – маса трактора, кН;

$f$  – коефіцієнт опору кочення трактора;

$i$  – величина підйому, %.

$$R_{\text{коч.м}} = G_{\text{м}} (f_{\text{м}} + i/100), \text{ кН},$$

де  $G_{\text{тр}}$  – маса сільськогосподарської машини, кН;

$f_{\text{м}}$  – коефіцієнт опору кочення сільськогосподарської машини.

$$N_{\text{еп}} = N_{\text{ввп}} / \eta_{\text{ввп}}$$

Підставивши значення  $N_{\text{еп}}$  і  $N_{\text{га}}$  у вище вказану формулу, отримаємо:

$$N_{\text{ввп}} / \eta_{\text{ввп}} = N_{\text{е}} - ((R_{\text{коч.тр}} + R_{\text{коч.м}}) V_p) / (3,6 \eta_{\text{тр}} \eta_{\delta}), \text{ кВт}$$

Звідси визначаємо  $N_{\text{ввп}}$ :

$$N_{\text{ввп}} = N_{\text{е}} \eta_{\text{ввп}} - ((R_{\text{коч.тр}} + R_{\text{коч.м}}) V_p) \eta_{\text{ввп}} / (3,6 \eta_{\text{тр}} \eta_{\delta}), \text{ кВт}$$

## 8 Шляхи поліпшення експлуатаційних властивостей тракторів

Підвищення експлуатаційних властивостей тракторів має важливе значення для поліпшення структури машинно-тракторного парку, підвищення врожайності, збереження та збільшення обсягів продовольства.

Шляхи підвищення експлуатаційних властивостей тракторів:

- високоякісне і своєчасне обслуговування;
- збільшення коефіцієнта корисної дії трактора за рахунок зменшення втрат, які йдуть на подолання різних опорів;
- правильне регулювання паливної системи та застосування якісного палива;
- регулярне і високоякісне змащування двигуна.

### Питання для самоконтролю

1. Перерахуйте основні показники, що характеризують експлуатаційні властивості тракторних двигунів.
2. Дайте характеристику режимам роботи двигуна
3. Як розрахувати питому витрату палива двигуна?
4. Вкажіть величину коефіцієнта корисної дії двигуна.
5. З якою метою будують регулярну характеристику двигуна?
6. Які складові має баланс потужності трактора? Проаналізуйте їх.
7. Як розрахувати коефіцієнт корисної дії трактора.
8. Як розрахувати витрати потужності на привід вала відбору потужності.
9. Перерахуйте шляхи підвищення експлуатаційних властивостей тракторів.

Попередня тема

На початок

Наступна тема