



УДК 631.07

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ККД МЕЗ ПЕРЕМІННОГО ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4 – 3

Чаплинський А.П.

*НДІ механізації землеробства півдня України Таврійського ДАТУ*

Тел. (0619) 42-04-69

**Анотація** – розглянуто динаміку зміни коефіцієнта корисної дії (ККД) модульного енергетичного засобу (МЕЗ) перемінного тягового класу 1,4-3 на базі енергетичного модуля з колісною формулою 4К2а.

**Ключові слова** – тяговий ККД, модуль, модульний енергетичний засіб, енергетичний модуль, технологічний модуль, тяга, кочення, буксування.

*Аналіз стану та постановка проблеми.* Модульний енергетичний засіб універсально-просапного призначення перемінного тягового класу 1,4 – 3 складається із енергетичного (ЕМ) та технологічного (ТМ) модулів (рис.1)

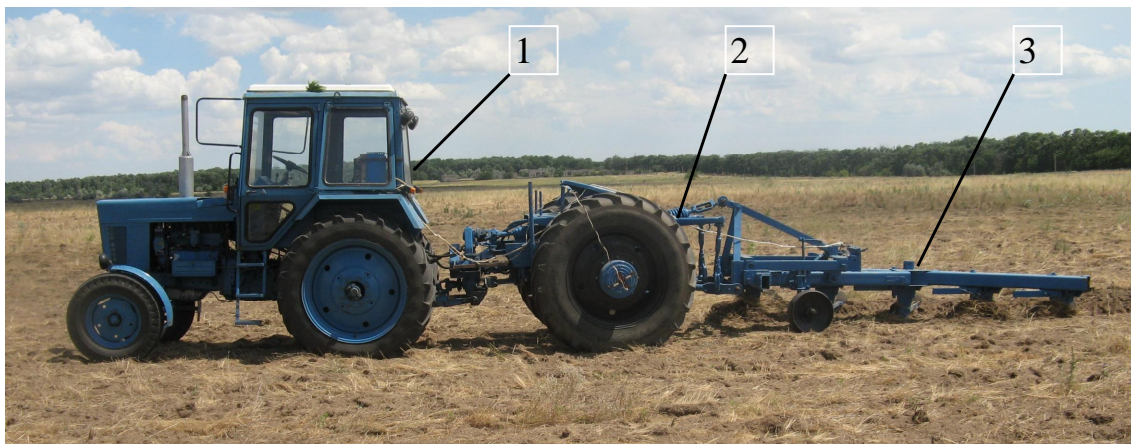


Рис. 1. МЕЗ 1,4 – 3 в агрегаті із задньонавісним плугом:

- 1 – енергетичний модуль (ЕМ);
- 2 – технологічний модуль (ТМ);
- 3 – задньонавісний плуг ПЛН – 5 – 35.

В роботах, присвячених розгляду питання застосування МЕЗ, в якості енергетичного модуля здебільшого застосовувались трактори з колісною формулою 4К4а. Але, оскільки нині в багатьох господарствах широко застосовуються трактори з колісною формулою 4К2а, то слід розглянути можливість складання МЕЗ саме на базі такого трактора.

Одним з найвагоміших параметрів, який дозволяє оцінити роботу МТА, є визначення його тягового коефіцієнта корисної дії (ККД).

В роботах [1, 2, 3] було розглянуто характер зміни тягового ККД модульного енергетичного засобу перемінного тягового класу 1,4-3 на базі трактора з колісною формулою 4К4а.

Задачею даної статті є теоретичне визначення характеру зміни тягового ККД у МЕЗ перемінного тягового класу 1,4-3 на базі тракторів з колісною формулою 4К2а і 4К4а в залежності від тягового зусилля.

*Методика досліджень.* Тяговий ККД повнопривідного МЕЗ (тобто з трьома ведучими осями) визначається із залежності [4]:

$$\eta_{МЕЗ} = \frac{N_a \cdot (\varphi_a - f_a) + N_B \cdot (\varphi_B - f_B) + N_C \cdot (\varphi_C - f_C)}{\frac{N_a \cdot \varphi_a}{\eta_{Ma} \cdot (1 - \delta_a)} + \frac{N_B \cdot \varphi_B}{\eta_{MB} \cdot (1 - \delta_B)} + \frac{N_C \cdot \varphi_C}{\eta_{MC} \cdot (1 - \delta_C)}}, \quad (1)$$

де  $N_a, N_B, N_C$  – вертикальні навантаження на мостах МЕЗ (тут і далі індекси **a** і **B** відносяться відповідно до переднього і заднього мостів енергетичного, а індекс **c** – до мосту технологічного модулів);

$\varphi_a, f_a, \delta_a; \varphi_B, f_B, \delta_B; \varphi_C, f_C, \delta_C$  – питомі дотичні сили тяги, коефіцієнти опору коченню та буксування мостів МЕЗ;

$\eta_{Ma}, \eta_{MB}, \eta_{MC}$  – ККД трансмісій приводів переднього и заднього мостів енергетичного, а також мосту технологічного модулів МЕЗ.

У разі використання енергетичного модуля із приводом лише задніх коліс (4К2а) рівняння тягового ККД (1) прийме вид:

$$\eta_{МЕЗ} = \frac{N_B \cdot (\varphi_B - f_B) + N_C \cdot (\varphi_C - f_C) - N_a \cdot f_a}{\frac{N_B \cdot \varphi_B}{\eta_{MB} \cdot (1 - \delta_B)} + \frac{N_C \cdot \varphi_C}{\eta_{MC} \cdot (1 - \delta_C)}}. \quad (2)$$

Для визначення вертикальних навантажень, які припадають на мости МЕЗ, складено відповідну розрахункову схему сил та моментів (рис. 2).

Вертикальні навантаження на мостах модульного енергетичного засобу знайдемо із умов його статичної рівноваги у поздовжньо – вертикальній площині проєкцій. Крім вищезгаданих зовнішніх сил та моментів, в загальному випадку на МЕЗ діють: дотичні сили тяги  $P_{KB}, P_{KC}$ ; сили  $P_{fa}, P_{fB}, P_{fc}$  і моменти  $M_a, M_B, M_C$  опору кочення; сили ваги енергетичного ( $G_T$ ) і технологічного ( $G_M$ ) модулів.

Оскільки для розв'язання поставленої задачі слід визначити конструктивні параметри ЕМ, то у якості фізичного об'єкту досліджень було прийнято МЕЗ 1,4 – 3, який складено на базі трактора МТЗ-80.

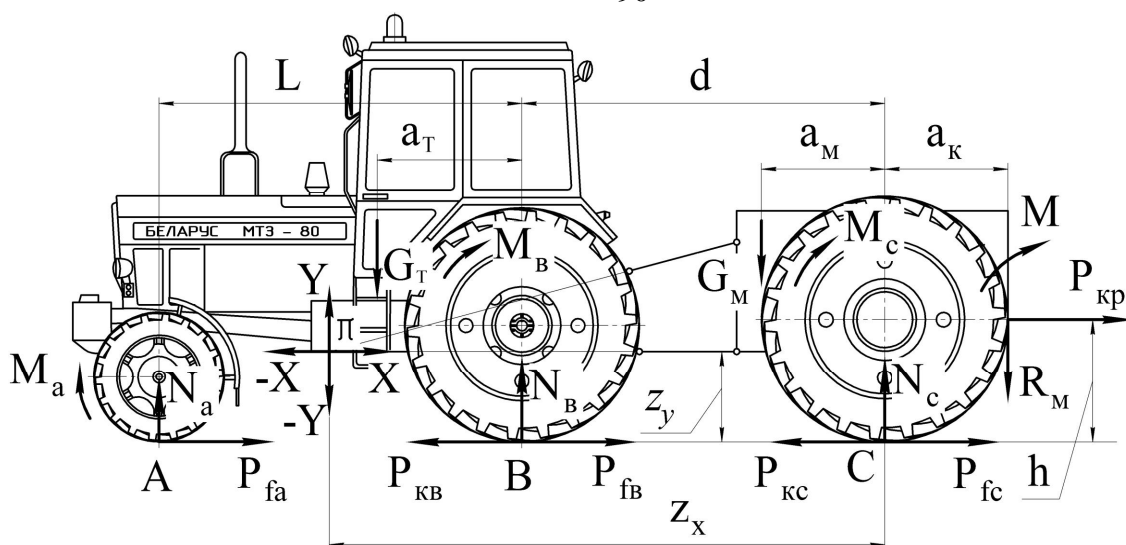


Рис. 2. Схема сил і моментів, що діють на МЕЗ 1,4 – 3 у поздовжньо – вертикальній площині.

*Основна частина.* Аналіз розрахункової схеми вказує на те, що вона цілком подібна до схеми сил та моментів, які діють на мости МЕЗ з трьома ведучими мостами. Різниця полягає у тому, що у МЕЗ на базі трактора із приводом лише задніх коліс відсутня дотична сила тяги переднього мосту.

Таким чином, методика та залежності, що були отримані при визначенні тягового ККД МЕЗ з трьома ведучими осями [1], є цілком прийнятними і для визначення ККД МЕЗ з двома ведучими осями.

З урахуванням деяких поправок систему рівнянь, що наводилась у [1], було трансформовано в систему рівнянь, яка дозволяє досліджувати характер зміни тягового ККД МЕЗ на базі ЕМ з колісною формулою 4К2а залежно від його конструктивних параметрів.

За результатами розрахунків були побудовані графіки залежності тягового ККД МЕЗ від тягового зусилля на гаку. На рисунку 3 наведено динаміку зміни тягового ККД для обох МЕЗ.

Аналіз розрахункових даних та графіків показав, що максимальне значення тягового ККД ( $\eta$ ) у МЕЗ на базі МТЗ-82 становить 0,57, а у МЕЗ на основі МТЗ-80 – 0,512, тобто на 10% менша (рис. 3). Водночас, тяговий ККД у МЕЗ на базі МТЗ-80 досягає максимуму при тяговому зусиллі 34 кН, а у МЕЗ на основі МТЗ-82 він зміщується в зону більших тягових зусиль і припадає на тягове зусилля 40 кН.

Також видно, що характер протікання тягового ККД у МЕЗ на базі МТЗ-80 в зоні малих тягових зусиль (до 22 кН) більш високий. При тяговому зусиллі 12 кН він майже на 20% вищий, але поступово зменшується зі збільшенням тягового зусилля.

Проаналізуємо, що обумовлює такий результат. Для цього слід визначити складові тягового ККД.

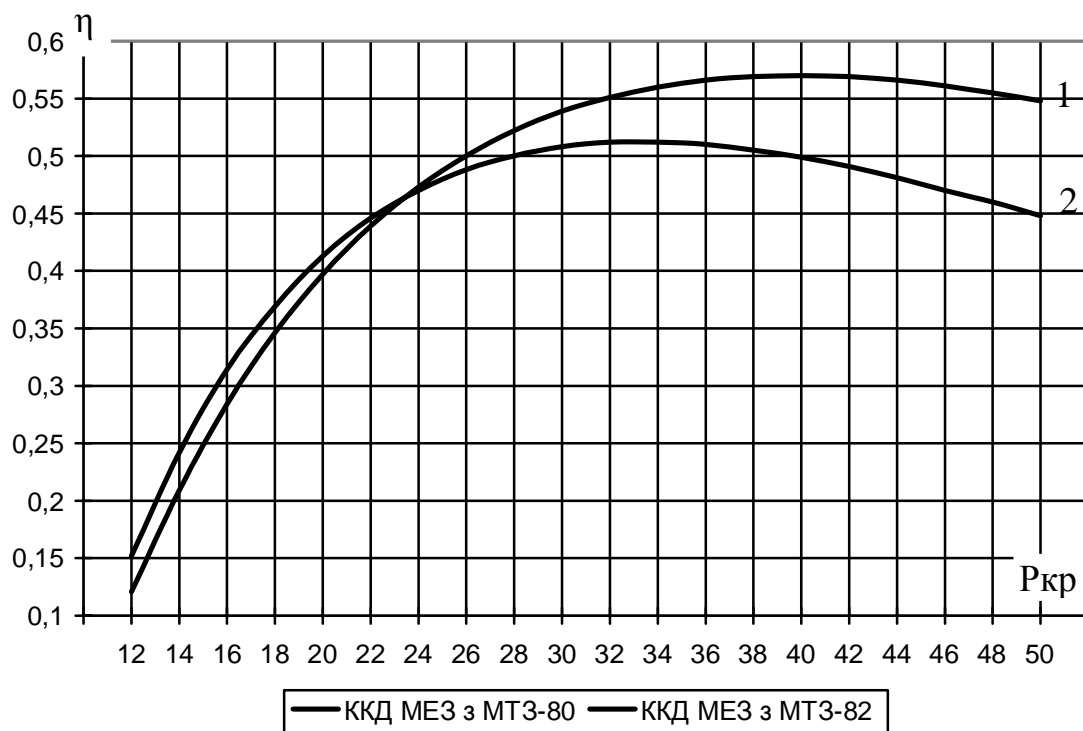


Рис. 3. Графіки залежності ККД МЕЗ від тягового зусилля  
 1 – МЕЗ на базі МТЗ-82; 2 – МЕЗ на базі МТЗ-80.

Згідно з теорією трактора [5] тяговий ККД можна визначати із загально визнаної формули:

$$\eta_m = \eta_{mp} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta, \tag{3}$$

де  $\eta_{mp}$  – ККД трансмісії;

$\eta_f$  – ККД перекочування;

$\eta_\delta$  – ККД буксування рушіїв МЕЗ.

Оскільки у трактора МТЗ – 80 ведучим є лише задній міст, то в нього відсутні втрати потужності на привод переднього мосту. Із-за цього ККД трансмісії у тракторів з колісною формулою 4К2а вищий, що сприяє збільшенню тягового ККД у МЕЗ на базі МТЗ-80. Однак, як видно з рис.3, ця перевага має вагомий вплив лише в зоні малих тягових зусиль (до 22 кН).

Для з'ясування причин, які обумовлюють більший, та зміщений в зону більших тягових зусиль, тяговий ККД у МЕЗ на базі МТЗ-82, слід дослідити характер протікання двох наступних його складових.

Для дослідження характеру протікання ККД перекочування та ККД буксування рушіїв МЕЗ були побудовані графіки їх залежності від тягового зусилля (рис. 4).

Коефіцієнт корисної дії перекочування визначали за наступними формулами:

- для МЕЗ на базі МТЗ-82

92

$$\eta_f = \frac{N_a \cdot (\varphi_a - f_a) + N_B \cdot (\varphi_B - f_B) + N_C \cdot (\varphi_C - f_C)}{N_a \cdot \varphi_a + N_B \cdot \varphi_B + N_C \cdot \varphi_C}; \quad (4)$$

- для МЕЗ на базі МТЗ-80

$$\eta_f = \frac{N_B \cdot (\varphi_B - f_B) + N_C \cdot (\varphi_C - f_C) - N_a \cdot f_a}{N_B \cdot \varphi_B + N_C \cdot \varphi_C}. \quad (5)$$

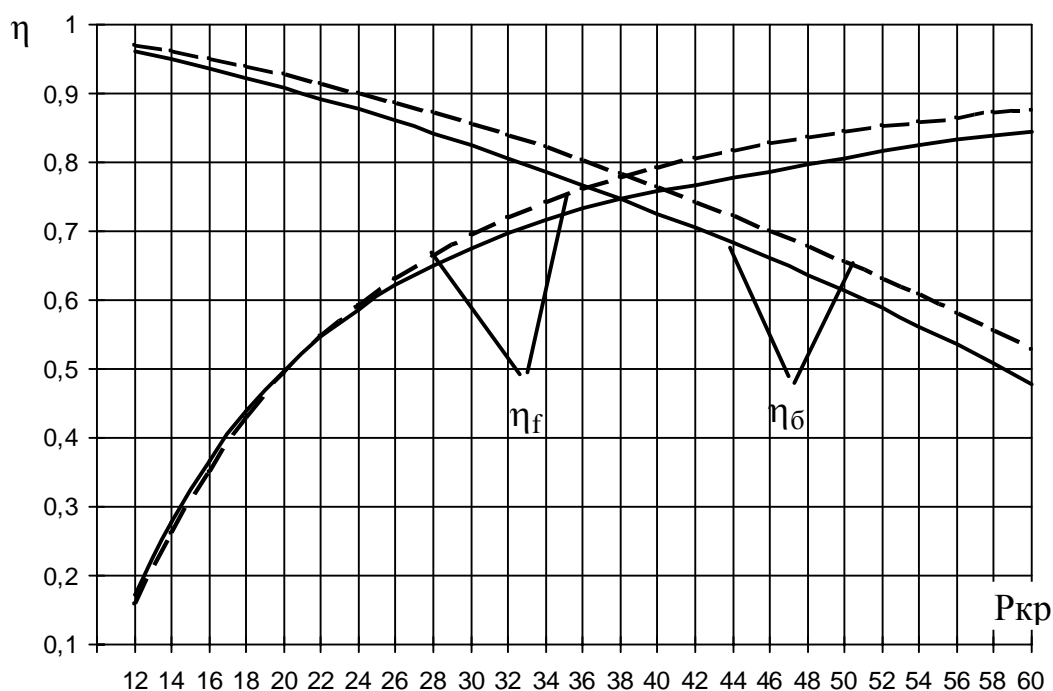


Рис. 4. Коефіцієнти корисної дії кочення ( $\eta_f$ ) та буксування ( $\eta_\delta$ ):  
 - - - - для МЕЗ на базі МТЗ-82;  
 — — — для МЕЗ на базі МТЗ-80.

ККД буксування визначали із наступної залежності:

$$\eta_\delta = 1 - \delta_\delta, \quad (6)$$

де  $\delta_\delta$  - буксування рушіїв заднього мосту трактора.

В свою чергу:

$$\delta_B = A \cdot \frac{P_{кр} - (\varphi_C - f_C) \cdot N_C}{N_a + N_B} + B \cdot \left[ \frac{P_{кр} - (\varphi_C - f_C) \cdot N_C}{N_a + N_B} \right]^2, \quad (7)$$

де А, В – коефіцієнти апроксимації кривої буксування МЕЗ.

Аналізуючи характер протікання кривих ККД буксування ( $\eta_\delta$ ), видно (див. рис.4), що по мірі росту тягового зусилля у МЕЗ на базі МТЗ-82 він хоча і зменшується, але постійно залишається більшим, ніж ККД буксування МЕЗ на базі МТЗ-80 (рис. 4). Причому, різниця між ними поступово збільшується, тобто інтенсивність падіння  $\eta_\delta$  у другого МЕЗ більша, ніж у першого.

Останній факт можна пояснити більш розвиненою ходовою системою МЕЗ на базі МТЗ-82, ніж у МЕЗ на базі МТЗ-80.

Характер протікання ККД кочення ( $\eta_f$ ) у обох МЕЗ в зоні малих тягових зусиль майже однаковий (зона до 22 кН). Проте, у МЕЗ на базі МТЗ-82 ККД кочення, починаючи з тягового зусилля 22 кН, збільшується більш стрімко (рис.4). Додамо, що різниця між значинами  $\eta_f$  при цьому постійно збільшується. Це і не дивно, оскільки буксування у МЕЗ на базі МТЗ-82 в цій зоні менше. Цей факт приводить до зсуву максимального тягового ККД МЕЗ на базі МТЗ-82 в зону більших тягових зусиль.

#### *Висновки.*

1. В зоні малих тягових зусиль тяговий ККД у МЕЗ на базі МТЗ-80 хоча і не значно, але вищий, за рахунок більшого ККД трансмісії.

2. При зростанні тягового зусилля ККД буксування у МЕЗ на базі ЕМ з колісною формулою 4К4а падає з меншою, а ККД кочення - зростає з більшою інтенсивністю, ніж значини аналогічних показників у МЕЗ на базі ЕМ з колісною формулою 4К2а. Саме такий характер поведінки складових тягового ККД МЕЗ базі ЕМ з колісною формулою 4К4а і обумовлює зміщення його максимуму в зону більших тягових зусиль.

3. Машино-тракторні агрегати на основі МЕЗ раціональніше складати з повнопривідними енергетичними засобами.

#### *Література.*

1. Чаплинський А.П. До питання про тяговий коефіцієнт корисної дії модульного енергетичного засобу / А.П. Чаплинський, В.Т. Надикто // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2006. – Вип. 35. – С. 118 – 129.
2. Надикто В.Т. До питання про тяговий коефіцієнт корисної дії модульного енергетичного засобу / В.Т. Надикто, А.П. Чаплинський // Техніка АПК. – 2007. - №1 – 2. – С. 15 – 17.
3. Чаплинський А.П. Аналіз впливу змінення конструктивних параметрів МЕЗ тягового класу 1,4 – 3 на його тяговий ККД / А.П. Чаплинський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 67, т. 1. – С. 193 – 201.
4. Скойбеда А.Т. Автоматизация ходовых систем колесных машин / А.Т. Скойбеда – Минск.: Наука и техника, 1979.
5. Тракторы: Теория: [Учебник для студентов вузов по специальности "Автомобили и тракторы"] /В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. -М.: Машиностроение, 1988.-376 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВОГО КПД МЭС ПЕРЕМЕННОГО  
ТЯГОВОГО КЛАССА 1,4 – 3**

*Чаплинский А.П.*

**Аннотация** – рассмотрен характер протекания тягового КПД у МЭС, созданных на базе энергетических модулей с колесными формулами 4К2а и 4К4а. Рассмотрен характер протекания КПД буксования и перекатывания для этих МЭС.

**THE TRACTION EFFICIENCY DEFINITION OF THE MODULE  
POWER UNITS OF THE VARIABLE DRAWBAR CATEGORY 1.4-3**

*A. Chaplinskiy*

**Summary**

The type of traction efficiency change of the module power units, completed on the basis of the power modules with the 2WD and 4WD wheel arrangements are considered. The traction efficiency change during slippage and rolling are also studied.