

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ТЯГОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА ПРИ ВІДБОРІ ПОТУЖНОСТІ ЧЕРЕЗ ВВП

Шевченко І.О., к.т.н., доц., Піпченко О.М., студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Розглянуто особливості методики побудови тягових характеристик машино-тракторних агрегатів з частковим відбором потужності двигуна через ВВП.

Постановка проблеми. У зв'язку з широким застосуванням сільськогосподарських машин, забезпечених приводом робочих органів від ВВП, виникає необхідність в оцінці ефективності роботи таких машино-тракторних агрегатів. Використовувані з цією метою дані можуть бути отримані в результаті побудови теоретичних тягових характеристик стосовно до умов роботи трактора з частковим відбором потужності двигуна через ВВП.

Мета дослідження. За допомогою побудованої теоретичної тягової характеристики трактора з відбором потужності через ВВП дати оцінку впливу експлуатаційних факторів на тягові властивості і паливну економічність трактора.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Розглянуто особливості методики побудови таких тягових характеристик. За основу прийнята двохквADRантна тягова характеристика трактора, запропонована доктором технічних наук, професором Д.А.Чудаковим [2]. Відповідно до цього побудова починається з нижнього квадранта, в якому розміщуються криві регуляторної характеристики двигуна, скориговані з урахуванням роботи ВВП. Потім графо-аналітичним способом отримують значення відповідних показників, які використовуються для побудови в верхньому квадранті кривих тягової характеристики трактора. При оформленні діаграм керуються вказівками ГОСТ 2.319-81 [6].

Використовувані при розрахунках дані (маса трактора, потужність двигуна, передавальні числа трансмісії, значення буксування рушіїв тощо) попередньо визначають, використовуючи методику, викладену в рекомендованих підручниках. [1, 3, 4, 5]. Значення потужності, що знімається з хвостовика ВВП при роботі тракторів з різними сільськогосподарськими машинами, наведені в таблиці 2.

Результати дослідження. Особливості побудови теоретичної тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП.

Побудова нижнього квадранта характеристики.

При роботі трактора з тяговим навантаженням і відбором потужності через ВВП частина крутного моменту двигуна витрачається на привід робочих органів сільськогосподарської машини. Внаслідок цього зменшується P_0 дотична сила тяги трактора по двигуну. Цю обставину потрібно враховувати

при побудові нижнього і верхнього квадрантів тягової характеристики. Значення дотичної сили тяги P_{∂} , реалізовані при частковому відборі потужності через ВВП, можна визначити за такою формулою:

$$P_{\partial} = (M_{\kappa} - M_{\kappa ВВП}) \frac{i_{mp} \eta_{mp}}{r_{\kappa}}, \quad (1)$$

де: M_{κ} – крутний момент двигуна;

$M_{\kappa ВВП}$ – частина крутного моменту двигуна, що витрачається при роботі с.-г. машини від ВВП;

i_{mp} і η_{mp} – відповідно передавальне число і механічний к.к.д. вузлів трансмісії, що з'єднують вал двигуна з провідними колесами;

r_{κ} – розрахунковий радіус ведучого колеса.

Значення крутного моменту $M_{\kappa ВВП}$ можна визначити за формулою:

$$M_{\kappa ВВП} = 9554 \frac{N_{ВВП}}{n_n \eta_{ВВП}}, \quad (2)$$

де: $N_{ВВП}$ – потужність, необхідна для приводу с.-г. машини (береться за даними заводу-виробника);

n_n – номінальна частота обертання вала двигуна;

$\eta_{ВВП}$ – механічний к.к.д. вузлів приводу ВВП.

Приймаємо, що крутний момент $M_{\kappa ВВП}$ на всіх основних передачах зберігає постійне значення, а к.к.д. $\eta_{ВВП}$ дорівнює 0,95. При необхідності значення $\eta_{ВВП}$ може бути уточнено. З ростом тягового навантаження величина потужності $N_{ВВП}$ дещо знижується через зменшення частоти обертання вала двигуна.

Визначивши значення моменту $M_{\kappa ВВП}$ і маючи в своєму розпорядженні регуляторну характеристику і результати тягового розрахунку трактора, приступимо до побудови нижнього, допоміжного квадранта характеристики. На осі абсцис, проведеної в середній частині діаграми, вибираємо положення точки для відліку дотичної сили тяги P_{∂} і позначаємо її літерою O' . Ліворуч від зазначеної точки відкладаємо відрізки, що зображують у прийнятому масштабі (кН/мм) значення дотичної сили тяги $M_{\partial ВВП}$ недовикористовані на заданих передачах через роботу. Вони попередньо визначаються за такою формулою:

$$M_{\partial ВВП} = M_{\kappa ВВП} \frac{i_{mp} \eta_{mp}}{r_{\kappa}} \quad (3)$$

Кінці відкладаються відрізків намічаються і отримані точки позначаються буквами O_1 , O_2 і O_3 . Трохи нижче осі абсцис будуються шкали крутних моментів (дотичній сили тяги). Число таких шкал відповідає числу основних передач. Проектуючи точку O' на зазначені шкали, отримують точки, від яких відкладаються відрізки, що зображують у прийнятому раніше масштабі

значення P_{∂} дотичної сили тяги на обраних передачах при номінальному і максимальному крутному моменті. Відповідні значення P_{∂} визначаємо за формулою (1) Кінці цих відрізків намічаються і позначаються буквами M_n і $M_{k\max}$. З цих точок, а також з точок O_1 , O_2 і O_3 опускаємо допоміжні вертикальні лінії. Зліва (див. діаграму) на вільному полі квадранта будуються і розмічаються шкали: N_e – потужності двигуна, G_T – годинної витрати палива і n_{∂} – частоти обертання вала двигуна. На вертикальних лініях зверху вниз відкладаються відрізки, що зображують у прийнятому масштабі значення N_e , G_T , n_{∂} відповідні заданим режимам. На вертикальних лініях, опущених з точок O_1 , O_2 і O_2 , відкладаються їх значення, забезпечувані на холостому ходу ($N_e = 0; G_T = G_{Tx}$ і $n_{\partial} = n_x$), а на вертикалях, спущених з точок M_n і $M_{k\max}$ значення показників при номінальному і максимальному крутному моменті. Кінці відрізків що відкладаються намічаються. Таким чином, для кожної передачі та показника визначаються по три характерних точки. Їх положення можна також отримати іншим способом: на масштабних шкалах відкладаються значення показників для передбачених режимів і отримані точки проєктуються на відповідні вертикалі. Регуляторні гілки отримують, поєднуючи відрізками прямих точки, що відповідають значенням N_e , G_T і n_{∂} при холостому ході з точками, які відповідають значеннями цих показників при M_n , а безрегуляторні (перевантажувальні) гілки - поєднуючи відрізками прямих точки, що відповідають значенням тих же показників при M_n і при $M_{k\max}$. При правильній побудові регуляторні гілки однойменних кривих перетинаються в одній точці, що лежить на вертикалі, опущеної з точки O' . Такі ж регуляторні характеристики можуть бути отримані у разі відкладання від точок O_1 , O_2 і O_3 , значень дотичної сили тяги по двигуну, що визначаються без врахування застосування ВВП ($M_{кВВП} = 0$).

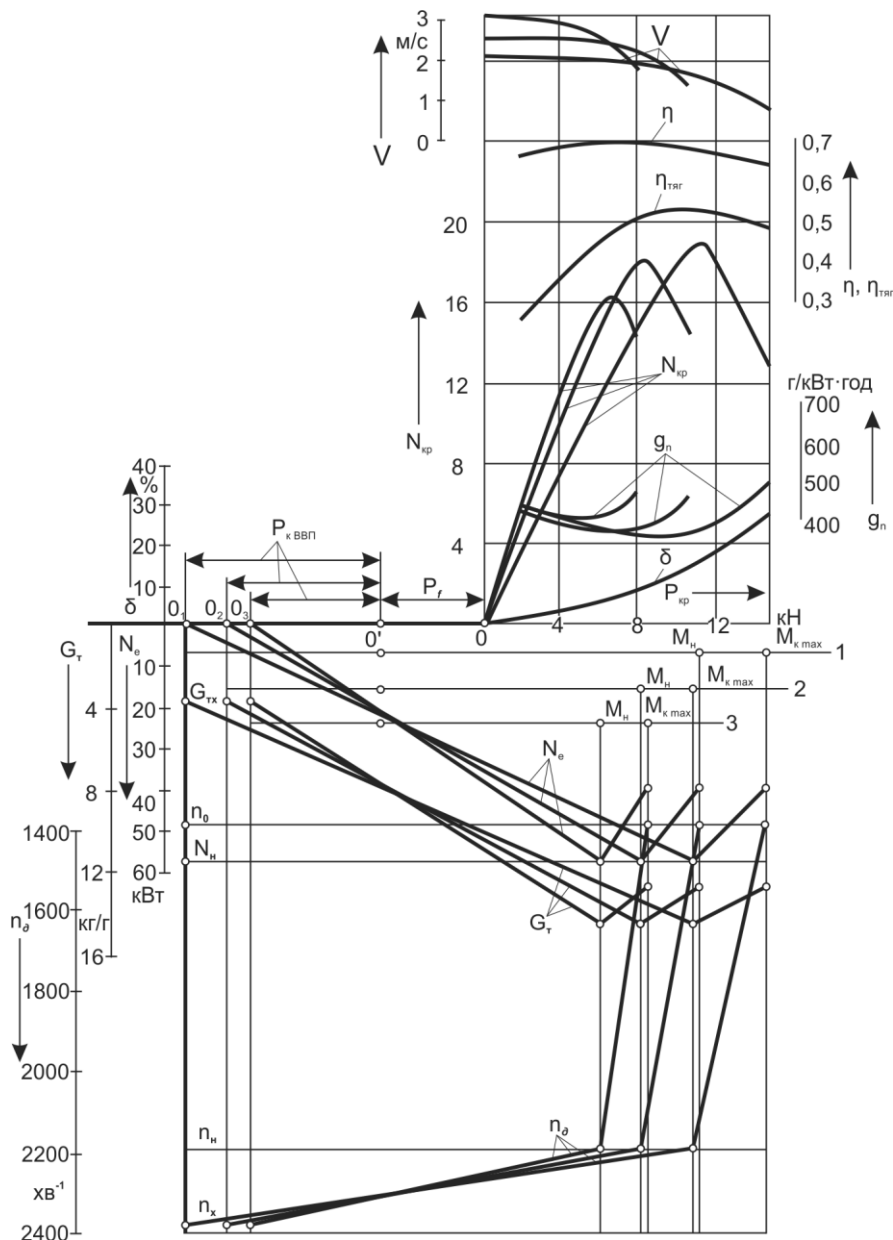


Рис. 1 – Теоретична тягова характеристика трактора МТЗ для умов роботи з відбором потужності через ВВП

Побудова верхнього квадранта характеристики.

Далі у верхньому квадранті будують і розмічають шкали відповідних показників. Крапку для відліку значень $P_{кр}$ сили тяги на гаку отримують, відкладаючи вправо від точки O' по осі абсцис відрізок, що зображає у прийнятому раніше масштабі силу опору коченню P_f трактора; кінець відрізка позначається буквою O . Від цієї точки вправо розмічається шкала $P_{кр}$. З точки O вгору проводимо вісь ординат, на якій знизу вгору розмічається шкала $N_{кр}$ потужності на гаку, а в угорі ліворуч будується шкала V – дійсної швидкості. Ліворуч, у нижній частині квадранта будується і розмічається шкала буксування. З правого боку квадранта будуються і розмічаються шкали g_n – питомої витрати палива, η – загального та $\eta_{тяг}$ – тягового к.к.д. Місце

розташування шкал і масштаби вибираються з таким розрахунком, щоб одержувані криві не виходили за межі поля діаграми і не накладалися. Побудувавши потім криву залежності $\delta = f(P_{кр})$, визначають графічним шляхом вихідні дані для розрахунку необхідних показників, для цього через ряд точок на осі абсцис, що відповідають обраним значенням $P_{кр}$, проводяться допоміжні вертикальні лінії через обидва квадранта. При виборі значень $P_{кр}$ необхідно враховувати відносне розташування кривої буксування і кривих регуляторних характеристик двигуна. Якщо зростання сили тяги на гаку обмежується буксуванням (зчепленням з ґрунтом), що характерно для колісних тракторів в умовах роботи на пухких і вологих ґрунтах, то 8 ... 10 значень $P_{кр}$ вибирають в межах кривої буксування. Якщо зростання $P_{кр}$ обмежується потужністю двигуна, що характерно для колісних тракторів та умови роботи на вищих основних передачах і на щільних ґрунтах, а для гусеничних тракторів - при роботі на всіх основних передачах на всіх ґрунтових фонах, то 4...5 значень повинні відповідати режимам роботи двигуна від $0,75 M_n$ до $M_{к\max}$. Решта більш низькі значення $P_{кр}$ вибираються довільно в межах відповідної шкали.

Проектуючи точки перетинання допоміжних вертикалей з кривою буксування кривими нижнього квадранта на відповідні шкали, визначаємо вихідні дані для розрахунку тягової характеристики. Значення показників для обраних $P_{кр}$ визначають послідовно за такими формулами:

дійсної швидкості руху

$$V = 0,105 r_k n_d (1 - \delta) / i_{TP}, \text{ м/с} \quad (4)$$

n_d і δ – відповідно частота обертання вала двигуна і величина буксування рушіїв в сотих частках;
потужності, що розвивається на гаку

$$N_{кр} = P_{кр} V, \text{ кВт} \quad (5)$$

питомої витрати палива на один кВт потужності, що витрачається на привід с. г. машини

$$g_n = 10^3 G_T / (N_{кр} + N_{ВВП}), \text{ г/кВт}\cdot\text{ч} \quad (6)$$

загального коефіцієнта корисної дії

$$\eta = (N_{кр} + N_{ВВП}) / N_e \quad (7)$$

$N_{кр}$ і N_e – потужність на гаку і відповідна їй потужність двигуна;
тягового коефіцієнта корисної дії

$$\eta_{тяг} = N_{кр} / N_e - (N_{BP} + N_{ВВП}) \quad (8)$$

N_{BP} – потужність, що витрачається на механічні втрати в приводі ВВП.

Відповідні значення потужностей $N_{ВВП}$ і N_{BP} визначаються за наступними формулами:

$$N_{ВВП} = M_{кВВП} n_{\omega} \eta_{ВВП} / 9554, \text{ кВт} \quad (9)$$

і

$$N_{BP} = N_{ВВП} / \eta_{ВВП} - N_{ВВП}, \text{ кВт}, \quad (10)$$

де: n_{ω} частота обертання вала двигуна, відповідна заданому тяговому навантаженню.

Відзначимо, що значення к.к.д. визначаються тільки для першої основної передачі.

Правильність побудови тягової характеристики контролюють, порівнюючи отримані значення тягового к.к.д. з його значеннями, обумовленими за наступною формулою:

$$\eta_{тяг} = \eta_{тр} P_{кр} / (P_{кр} + P_f) (1 - \delta). \quad (11)$$

Результати визначення вихідних даних та відповідних показників зводяться в таблиці такого вигляду:

№ з/п	$P_{кр}$, кН	δ , %	n_{ω} , хв. ⁻¹	N_e , кВт	G , кг/ч	V , м/с	$N_{кр}$, кВт	$N_{ВВП}$, кВт	N_{BP} , кВт	g_n , г/ кВт·г	η	$\eta_{тяг}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Заповнивши зведені таблиці для всіх передач, приступають до побудови кривих верхнього квадранта. На наведених раніше допоміжних вертикалях в прийнятому масштабі відкладаються значення відповідних показників – на початку для нижчої, а потім – для інших передач. Отримані точки з'єднують плавними кривими. Всі криві верхнього квадранта, отримані для умов роботи колісних тракторів на нижчих передачах, особливо на пухкому ґрунті закінчуються на вертикалі, проведеної через точку на осі абсцис, що відповідає значенню $P_{кр}$, при найбільш значній буксуванні. Криві можуть закінчуватися також на вертикалі, проведеної через точку $M_{к\max}$ на відповідній шкалі моментів, що має місце у колісних тракторів стосовно до умов роботи на вищих основних передачах, а у гусеничних тракторів, як правило, – на всіх передачах. Якщо на одному графіку необхідно для порівняння отримати тягову характеристику і для умов роботи без ВВП, то нижній квадрант доповнюють

регуляторними характеристиками для цього варіанту роботи. Їх можна отримати зміщуючи вправо паралельно осі абсцис побудовані раніше однойменні криві. При цьому точки однойменних кривих, що відповідають значенням показників при холостому ході розташовуються на вертикалі проведеної з точки O' вниз. У верхньому квадранті продовжується крива буксування у зв'язку зі збільшенням сили тяги на гаку. Надалі при побудові тягової характеристики керуються викладеної раніше методикою.

Після побудови кривих акуратно прибираються допоміжні вертикальні лінії, а у верхньому квадранті наноситься координатна сітка.

Таблиця 2 – Аналіз тягової характеристики

№ з/п	Назва і марка с.г. машини	Робочі швидкості км/г	Загальний опір машини кН	Потужність $N_{ВВП}$, кВт	Трактор що використовується	Тип приводу ВВП
1	Культиватор фрезерний КВФ-5,4	До 7,5	8 - 12	29,4 – 36,8	МТЗ - 80/102	Незалежний
2	Машина для внесення рідких органічних добрив МЖТ-Ф-11	До 10,7	12-18	18,4 – 22,1	ХТЗ – 150К/170	–
3	Машина для внесення твердих органічних добрив МТУ-13	10-12	22 - 32	36,8 – 51,5	ХТЗ – 150К/170, К - 701	–
4	Косилка ротаційна причіпна Berkut	9-18	5 - 10	32 - 40	МТЗ - 80/102	
5	Причіпний кормозбиральний комбайн Sterh	До 10	5 - 11	35 - 50	МТЗ - 80/102	–
6	Комбайн картофелезбиральний ККПУ 2-170	2-5	8 - 15	42 - 58	МТЗ – 82/952/1221 ХТЗ – 150К/170	–

На завершення виконується аналіз тягової характеристики. При аналізі порівнюються взаємопов'язані криві (показники) нижнього і верхнього квадрантів для однойменних передач і таким шляхом встановлюється вплив режимів роботи двигуна і, зокрема, коректора паливного насоса на показники тягової роботи трактора. Доцільно вказати максимальні значення потужності $N_{кр}$ і відповідні їм значення $P_{кр}$ на першій та вищій основних передачах і пояснити, чим обмежується зростання потужності $N_{кр}$ на цих передачах – потужністю двигуна або зчепленням з ґрунтом. Потрібно вказати зону значень

$P_{кр}$ (наприклад, від 4 до 8 кН), при яких доцільно використовувати трактор на зазначених передачах і пояснити, чому при відхиленні від цієї зони в ту або іншу сторону робота трактора стає неефективною. Далі слід проаналізувати криві загального і тягового ККД: встановити причини зниження к.к.д. при малих тягових навантаженнях; вказати зону значень $P_{кр}$, при яких трактор може працювати з високими значеннями ККД, привести їх максимальні значення та вказати фактори, під впливом яких к.к.д. знижується в міру збільшення сили тяги на гаку.

Список використаних джерел

1. Львов, Е.Д. Теория трактора [Текст] / Е.Д. Львов. – М.: Машгиз, 1962.
2. Чудаков, Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля [Текст] / Д.А. Чудаков - М.: Колос, 1972.
3. Гуськов, В.В. Тракторы теория [Текст] / В.В. Гуськов – Минск.: Вышэйшая школа, 1977.
4. Фере, Н.Э. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка [Текст] / Н.Э. Львов. – М.: Колос, 1978.
5. Скотников, В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля [Текст] учеб. Пособие / А.А. Мащенский, А.С. Солонский В.А. Скотников – М.: Агропромиздат, 1986.
6. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей [Текст]: – М.: Издательство стандартов, 1983.

Анотація

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА ПРИ ОТБОРЕ МОЩНОСТИ ЧЕРЕЗ ВОМ

Шевченко И., Пипченко А.

Рассмотрены особенности методики построения тяговых характеристик машино-тракторных агрегатов с частичным отбором мощности двигателя через ВВП.

Abstract

FEATURES OF BUILDING OF THEORY TRACTION PROPERTIES OF TRACTOR UNDER TAKE OFF POWER THROUGH PTO

I. Shevchenko, A. Pipchenko

The considered results of features of building of theory traction properties of tractor under take off power through PTO.