

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
Механіко-технологічний факультет**



Кафедра “Машиновикористання
в землеробстві”

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЯГОВОЇ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА ПРИ
КОМПЛЕКТУВАННІ МТА**

Методичні вказівки до
практичної роботи №3

з дисципліни «Аграрна інженерія»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 208 «Агроінженерія»
(на основі ОС Бакалавр)

Мелітополь, 2019

УДК 631.5

Аграрна інженерія. Особливості використання тягової характеристики трактора при комплектуванні МТА. Методичні вказівки до практичної роботи №3 для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі ОС Бакалавр). – Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – 24 с.

Розробник: к.т.н, доцент Кувачов Володимир Петрович

Рецензент: д.т.н., професор Мілько Дмитро Олександрович

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри МВЗ, протокол № від

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № від

© ТДАТУ Кувачов В.П., 2021 рік

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЯГОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА ПРИ КОМПЛЕКТУВАННІ МТА

МЕТА РОБОТИ

Опанування методики побудови та використання теоретичної тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП та набуття практичних навичок в комплектуванні тягово-приводного агрегату.

1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Вивчити:

- особливості побудови та використання теоретичної тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП [1-6];
- комплектування МТА з використанням тягових і тягово-динамічних характеристик мобільних енергетичних засобів [1-5].

Ознайомитися:

- з методикою побудови та використання теоретичної тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП (теоретичний матеріал методичних вказівок).

Скласти звіт по роботі: (розділ 4 методичних вказівок).

Робота повинна бути оформлена окремим звітом на аркушах формату А4 згідно з вимогами ДСТ 2.105-95 ЄСКД.

1.2 Питання для самопідготовки

1) Основні завдання комплектування машинно-тракторних агрегатів. Етапи аналітичного методу обґрунтування складу агрегату та його режимів роботи.

2) Статична та динамічна регуляторна характеристика дизельного двигуна.

3) За якими показниками визначається здатність двигуна долати перевантаження?

4) Чим характеризується нерівномірність моменту сил опору на валу двигуна?

5) За яким критерієм визначають оптимальну ступінь навантаження двигуна і як впливає на неї коефіцієнт варіації моменту сил опору?

6) Тягова та тягово-динамічна характеристика трактора.

7) Від яких факторів і параметрів трактора залежить рушійна сила?

8) Номінальне тягове зусилля енергонасиченого трактора тягово-енергетичної концепції. Як його визначають на тяговій характеристиці?

9) Тяговий баланс енергонасиченого трактора тягово-енергетичної концепції.

10) За рахунок чого можна забезпечити роботу трактора в межах допустимого рівня буксування?

11) Загальний і тяговий ККД трактора, їх визначення та зони максимального значення на тяговій характеристиці. Причини зниження ККД при малих тягових навантаженнях, а також при збільшенні сили тяги на гаку трактора.

12) Як визначити на тяговій характеристиці трактора раціональний швидкісний режим роботи агрегату, що відповідає максимуму тягового ККД і допустимому рівню буксуванню рушіїв?

13) У якому зв'язку перебувають регуляторна характеристика двигуна і тягова характеристика трактора?

14) Потенційна тягова характеристика трактора, зони найбільш ефективної роботи трактора, а також транспортних робіт і малоенергоємних технологічних операцій.

1.3 Рекомендована література

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: Учебник / Г.М. Кутьков - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 506с.

2. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д.А.Чудаков. – М.: Колос, 1972. - 384 с.

3. Шевченко І.О. Особливості побудови та використання теоретичної тягові характеристики трактора при відборі потужності через ВВП // І.О. Шевченко, О.М. Піпченко // Вісник ХНТУСГ . – 2012.- № 124.2-10. -. С.52-60.

4. Тракторы: Теория: учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В.В.Гуськов, Н.Н.Велев, Ю.Е.Атаманов. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

5. Самсонов В.А. Расчёт тяговой характеристики трактора / В.А.Самсонов // Тракторы и сельскохозяйственные машины.–2001.– №5.– С 27–28.

6. Кычев В.Н. Взаимосвязь энергетических, тягово-динамических и весовых параметров трактора / В.Н.Кычев, Е.И.Бердов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – №9. – С 25-27.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

2.1.1 Виконуючи роботу, студенту необхідно навчитися:

- будувати та користатися теоретичною тяговою характеристикою трактора тягово-енергетичної концепції при відборі потужності через ВВП;
- комплектувати тягово-привідні агрегати в складі тракторів тягово-енергетичної концепції.

2.1.2 Здійснити:

- розрахунок та побудову теоретичної тягової характеристики трактора тягово-енергетичної концепції при відборі потужності на привід кормозбирального комбайну;
- за побудованою теоретичною тяговою характеристикою трактора обґрунтувати режим роботи тягово-приводного МТА.

Скласти звіт та захистити роботу.

2.2 Оснащення робочого місця

1. Робочий зошит.
2. Методичні вказівки до виконання роботи.
3. ЕОМ.
4. Інструкція з охорони праці (відповідно з ДНАОП 0.00-4.25-98).

3 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Завдання до роботи

Побудувати теоретичну тягову характеристику енергонасиченого трактора тягово-енергетичної концепції (за прототип взяти трактор МТЗ-82 з двигуном Д-260Т) при відборі потужності на привід кормозбирального комбайну Sterh 2000. Обґрунтувати режим роботи тягово-приводного МТА.

Вихідні дані.

Комбайн кормозбиральний причіпний Sterh 2000 призначений для одержання кормів високої якості, а також:

- для скошування трав і укладання їх у валок з подальшим підбором і навантаженням у транспортний засіб;

- для скошування, подрібнювання і навантаження в транспортний засіб бадилля картоплі і цукрового буряка з міжряддям 45 і 70 см;

- для скошування, одночасного здрібнювання і навантаження в транспортний засіб кормових трав, а також кукурудзи без качанів та інших силосних культур висотою до 1,5 м;

- для скошування, здрібнювання і розкидання по полю подрібненої стерні соняшника.

Характеристика комбайну Sterh 2000 модель КСД-2.0 Sterh компанії KLEVER :

Наименование	Значение
Марка	КСД-2,0
Тип	полуприцепной
Производительность за 1 час основного времени, т/час, не менее	20
-максимально достигнутая, т/час	38
Ширина захвата до, м	2,0
Масса комбайна без запчастей и упаковки, не более, кг	1250
Габаритные размеры, мм, не более: <i>Рабочее положение</i>	
Длина	4360±150
Ширина	3350±100
Высота	3750±100
<i>Транспортное положение</i>	
Длина	3400±150
Ширина	3225±200
Высота	2700±100
Ширина колеи, мм	2990±50
Дорожный просвет, мм, не менее	160±20
Высота подачи измельченной массы, м, не менее	3,5
Направление выгрузки	назад, налево
Длина частиц в массе, мм, не более	200
Высота установки режущего аппарата, мм	60...150
Количество режущих ножей, шт.	39
Частота вращения роторного режущего аппарата, об/мин	1500
Частота вращения шнека, об/мин	296
Частота вращения измельчающего аппарата, об/мин	1000
Размер шин	6,5x16
Давление в шинах, кг/см ²	3
Минимальный наружный радиус поворота, м, вправо	4,5
Минимальный наружный радиус поворота, м, влево	5,3
Рабочая скорость, км/час, не более	7,2
Транспортная скорость, км/час, не более	20

Технічна характеристика трактора МТЗ-82

Вага трактора, кН	40
Розміри шин коліс	
- передніх	11,2-20
- задніх	15,5R38
Статичний діаметр шин коліс D_0 , м	
- передніх	0,985
- задніх	1,57
Передаточні числа трансмісії на передачах	
1	241,9
2	142,0
3	83,5
4	68,0
5	57,4

Показники регуляторної характеристики двигуна Д-260Т

n , хв. ⁻¹	2180	2150	2120	2100	2000	1710	1500
M_e , кН·м	0,087	0,220	0,36	0,52	0,525	0,57	0,57
N_e , кВт	20,0	50,0	80,0	110,5	110,0	100,0	90,0
G_n , кг/год	10,8	15,6	20,7	26,4	25,6	24,8	22,8
g_e , г/кВт·год	593	312	287	238	235	248	253

3.2 Методика побудови теоретичної тягової характеристики трактора з відбором потужності через ВВП. Теоретичні положення

Мета побудови тягової характеристики - одержання наочного уявлення про тягові і паливно-економічні показники трактора.

Тягову характеристику можна отримати експериментальним шляхом (ГОСТ 7057-2001) або розрахунковим способом. Тягову характеристику, побудовану за розрахунковими даними, називають теоретичною (ТТХ).

Тягову характеристику будують у функції сили тяги на гаку. За ТТХ оцінюють кількісно-якісну зміну на різних передачах наступних параметрів трактора: буксування рушіїв, дійсної швидкості поступального руху, потужності на гаку, питомої витрати палива і тягового ККД. Кожна характеристика будується для певного ґрунтового фону. Для повного уявлення про тягові і паливно-економічні показники трактора необхідно мати ТТХ, побудовані для

всіх основних фонів, на яких проводять тягові випробування, для оцінки досконалості проектного трактора в порівнянні із тракторами, що випускаються промисловістю. Для колісних тракторів основними фонами є: трек з бетонним покриттям, стерня колосових, поле, підготовлене під посів; для гусеничних тракторів - глиниста дорога, стерня колосових, поле, підготовлене під посів.

У зв'язку з широким використанням сільськогосподарських машин, забезпечених приводом робочих органів від ВВП, виникає необхідність в оцінці ефективності роботи таких тягово-приводних машино-тракторних агрегатів (МТА). 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.

При роботі трактора тягово-енергетичної концепції з тяговим навантаженням і відбором потужності через ВВП частина крутного моменту двигуна витрачається на привід робочих органів сільськогосподарської машини.

В такому випадку баланс потужності можна записати як:

$$N_e = N_{кр} + N_{тр} + N_d + N_f + N_{ВВП},$$

де N_e – ефективна потужність двигуна;

$N_{кр}$ - тягова потужність трактора;

$N_{тр}$, N_d , N_f - потужності, які характеризують витрати енергії на тертя в трансмісії, буксування рушіїв та подолання опорів коченню трактора.

$N_{ВВП}$ – потужність на привід робочих органів через ВВП двигуна трактора.

Значення потужності, що знімається з хвостовика ВВП при роботі тракторів з різними сільськогосподарськими машинами, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклади тягово-приводних с.-г. машин та їх основні характеристичні параметри

№ з/п	Назва і марка с.-г. машини	Робочі швидкості, км/год	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	Не залежни

№ з/п	Назва і марка с.-г. машини	Робочі швидкості, км/год	Загальний опір машини, кН	Потужність $N_{\text{ВВП}}$, кВт	Трактор, що використовується	Тип приводу ВВП
2	Машина для внесення рідких органічних добрив МЖТ-Ф-11	До 10,7	12-18	18,4 – 22,1	ХТЗ – 150К/170	й
3	Машина для внесення твердих органічних добрив МТУ-13	10-12	22 - 32	36,8 – 51,5	ХТЗ – 150К/170, К - 701	
4	Косарка 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	

Потужність $N_{\text{ВВП}}$ (кВт) на привод робочих органів с.-г. машини визначають за формулою:

$$N_{\text{ВВП}} = \frac{N_{\text{мх}}}{\eta_{\text{ВВП}}} + \frac{N_{\text{пит}} \cdot V_p \cdot V_{\text{рпз}} \cdot U_{\text{кк}}}{36 \cdot \eta_{\text{ВВП}}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{мх}}$ – витрати потужності на холостий хід механізмів машини, кВт, $N_{\text{мх}}=6\text{кВт}$;

$\eta_{\text{ВВП}}$ - механічний ККД вузлів приводу ВВП, $\eta_{\text{ВВП}}=0,95$;

$N_{\text{пит}}$ – питомі витрати потужності на технологічний (кормозбиральний) процес, кВт·с/кг (при пропускній здатності кормозбиральної машини 15...25 кг/с величина дорівнює $N_{\text{пит}} = 1,4$ кВт·с/кг);

B_p – робоча ширина захвату машини, $B_p = B_k \cdot k_b$, тут для комбайну Sterh $B_{kSterh} = 2$ м – конструктивна ширина захвату, $k_b = 1,1$ – коефіцієнт використання ширини захвату;

U_{kk} – урожайність, т/га, для кормових культур $U_{kk} = 30-50$ т/га;

V_{ppz} – максимально допустима робоча швидкість машини за її пропускної здатності (км/год):

$$V_{ppz} = \frac{36 \cdot q_d}{B_p \cdot U_{kk}}, \quad (2)$$

де q_d – пропускна здатність комбайну, кг/с, $q_{dSterh} = 20$ кг/с.

В основу побудови теоретичної тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП покладена двохквADRантна тягова характеристика трактора, запропонована доктором технічних наук, професором Д.А.Чудаковим. Відповідно до цієї методики побудова починається з нижнього квадранта, в якому розміщуються криві регуляторної характеристики двигуна, скориговані з урахуванням роботи ВВП. Потім графоаналітичним способом отримують значення відповідних показників, які використовуються для побудови у верхньому квадранті кривих тягової характеристики трактора.

Використовувані при розрахунках дані (маса трактора, потужність двигуна, передавальні числа трансмісії, значення буксування рушіїв тощо) попередньо визначають.

Особливості побудови теоретичної тягові характеристики трактора при відборі потужності через ВВП наведена далі.

Побудова нижнього квадранта характеристики.

На нижній половині будуємої характеристики наносяться параметри швидкісної зовнішньої (регуляторної) характеристики двигуна (рис. 1). На осі абсцис цієї характеристики обирається низка точок в робочому діапазоні. Обов'язково обираються характерні точки регуляторної характеристики - при номінальному моменті $M_{дн}$ і максимальному $M_{дmax}$.

Начало координат O' нижньої половини графіка ТТХ (рис. 2) зміщено вліво від точки O на відстань, чисельно рівної силі P_f опору кочення трактора в заданих ґрунтових умовах.

Сила опору кочення P_f (кН) трактора розраховується за формулою:

$$P_f = G_{тр} \cdot f, \quad (3)$$

де f – опір коченню трактора, визначають для умов роботи на стерні, для колісних тракторів $f = 0.08 \dots 0.1$; для гусеничних - $f = 0.06 \dots 0.08$.

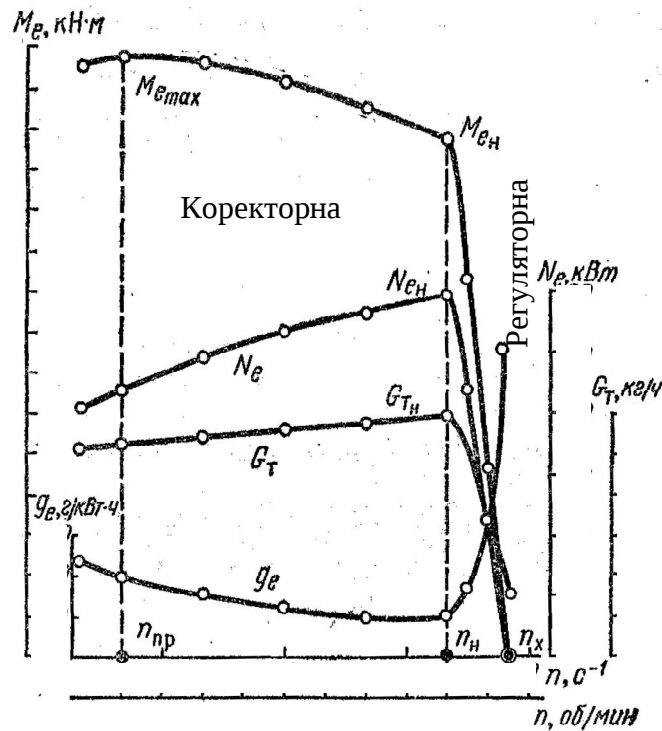


Рисунок 1 – Швидкісна (регуляторна) характеристика дизельного двигуна

При роботі трактора тягово-енергетичної концепції з тяговим навантаженням і відбором потужності через ВВП частина крутного моменту двигуна витрачається на привід робочих органів сільськогосподарської машини. Внаслідок цього зменшується P_d рушійна сила тяги трактора. Цю обставину потрібно враховувати при побудові нижнього і верхнього квадрантів тягової характеристики. Значення рушійної сили тяги $P_{ді}$ (для i -тої передачі трактора), реалізованої при частковому відборі потужності через ВВП, можна визначити за формулою:

$$P_{ді} = P_{кі} - P_{ікВВП} - P_f, \quad (4)$$

де $P_{кі}$ – дотична сила тяги, кН:

$$P_{кі} = \frac{M_d \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_k}, \quad (5)$$

тут M_d - крутний момент на валу двигуна, кН·м;

$i_{тр}$ і $\eta_{тр}$ – відповідно передавальне число і механічний к.к.д вузлів трансмісії, що з'єднують вал двигуна з ведучими колесами;

r_k - радіус ведучого колеса, м; $r_k = (0.85 \dots 0.9) D_0 / 2$;

$P_{ікВВП}$ – «недовикористана» дотична сила тяги через відбір потужності на ВВП, кН:

$$P_{\text{кВВП}} = \frac{M_{\text{ВВП}} \cdot n_{\text{ВВП}} \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{тр}}}{n_{\text{дн}} \cdot r_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{ВВП}}} = \frac{N_{\text{ВВП}} \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{тр}}}{0,105 \cdot n_{\text{дн}} \cdot r_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{ВВП}}}, \quad (6)$$

де $M_{\text{ВВП}}$ - частина крутного моменту двигуна, що витрачається при роботі с.-г. машини від ВВП, кН·м. Приймаємо, що крутний момент на всіх основних передачах зберігає постійне значення;

$n_{\text{дн}}$ - номінальна частота обертання вала двигуна, хв^{-1} ;

$\eta_{\text{ВВП}}$ - механічний ККД вузлів приводу ВВП, $\eta_{\text{ВВП}}=0,95$. При необхідності значення $\eta_{\text{ВВП}}$ може бути уточнено;

$N_{\text{ВВП}}$ - потужність, необхідна для приводу с.-г. машини, кВт.

Визначивши значення $P_{\text{кВВП}}$ за формулою (6) і маючи в своєму розпорядженні регуляторну характеристику двигуна трактора, продовжимо побудову нижнього, допоміжного квадранта характеристики (рис. 2). На осі абсцис, проведеної в середній частині діаграми, вибираємо положення точки для відліку дотичної сили тяги $P_{\text{д}}$ і позначаємо її літерою O' . Ліворуч від зазначеної точки відкладаємо відрізки, що зображують у прийнятому масштабі (кН/мм) значення дотичної сили тяги $P_{\text{кВВП}}$ недовикористовані на заданих передачах через роботу.

Кінці згаданих відрізків 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 $P_{\text{д}}$ дотичної сили тяги на обраних передачах при номінальному і максимальному крутному моменті. Відповідні значення $P_{\text{д}}$ визначають за формулою (4). Кінці цих відрізків намічаються і позначаються буквами $M_{\text{н}}$ і $M_{\text{хmax}}$. З цих точок, а також з точок O_1 , O_2 і O_3 опускаємо допоміжні вертикальні лінії. Зліва (див. рис. 2) на вільному полі квадранта будуються і розмічаються шкали: $N_{\text{е}}$ - потужності двигуна, $G_{\text{т}}$ - годинної витрати палива і $n_{\text{д}}$ - частоти обертання вала двигуна. На вертикальних лініях зверху вниз відкладаються відрізки, що зображують у прийнятому масштабі значення $M_{\text{е}}$, $G_{\text{т}}$, $n_{\text{д}}$ відповідні заданим режимам. На вертикальних лініях, опущених з точок O_1 , O_2 і O_3 , відкладаються значення на холостому ході ($N_{\text{е}}=0$; $G_{\text{т}}=G_{\text{тх}}$ і $n_{\text{д}}=n_{\text{х}}$), а на вертикалях, опущених з точок $M_{\text{н}}$ і $M_{\text{хmax}}$ значення показників при номінальному і максимальному крутному моменті. Таким чином, для кожної передачі та параметра визначаються по три характерних точки. Їх положення можна також отримати іншим способом: на масштабних шкалах

відкладаються значення показників для певних режимів і отримані точки проєктуються на відповідні вертикалі. Регуляторні гілки отримують, поєднуючи відрізками прямих точки, що відповідають значенням N_e , G_T і n_d 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 самих показників при M_n і при $M_{x\max}$. При правильній побудові ТТХ 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 використання ВВП ($M_{KBVP} = 0$).

Побудова верхнього квадранта характеристики.

Далі у верхньому квадранті будують і розмічають шкали відповідних показників тягової характеристики трактора. Точку для відліку значень $R_{кр}$ сили тяги на гаку отримують, відкладаючи вправо від точки O' по осі абсцис відрізок, що зображує у прийнятому раніше масштабі силу опору коченню R_f трактора; кінець відрізка позначається буквою O . Від цієї точки вправо розмічається шкала $R_{кр}$. З точки O вгору проводимо вісь ординат, на якій знизу вгору розмічається шкала $N_{кр}$ потужності на гаку, а в угору 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, $\eta_{тяг}$ - загального тягового ККД. Місце розташування шкал і масштаб вибираються з таким розрахунком, щоб отримати криві не виходили за межі поля діаграми і не накладалися. Побудувавши потім криву залежності $\delta = f(R_{кр})$, визначають графічним шляхом вихідні дані для розрахунку необхідних показників, для цього через ряд точок на осі абсцис, що відповідають обраним значенням $R_{кр}$, проводяться допоміжні вертикальні лінії через обидва квадранта. При виборі значень $R_{кр}$ 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 $R_{кр}$ вибирають в межах кривої буксування. Якщо зростання $R_{кр}$ 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 $0,75 M_H$ до $M_{x\max}$. Решту більш низьких значень $P_{кр}$ вибираються довільно в межах відповідної шкали.

Якщо при комплектуванні МТА використовується енергонасичений трактор тягово-енергетичної концепції, у якого частина потужності відбирається через ВВП на привід робочих органів с.-г. машини (як в нашому варіанті), то величина номінального тягового зусилля $P_{кн}$, що розвиває трактор обмежена умовою достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом, тобто справедлива нерівність:

$$(P_d - P_f) \neq P_{кн}.$$

Тому спочатку слід визначити номінальне тягове зусилля $P_{кн}$ (кН), що розвиває трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом, а саме, зчеплення повинно бути достатнім для того, щоб трактор міг розвивати задане номінальне тягове зусилля при роботі на лущеній стерні нормальної вологості з буксуванням не більше за допустиме:

$$P_{кн} = G_{тр} \cdot \varphi_{кр.н}, \quad (7)$$

де $G_{тр}$ – експлуатаційна вага (без баласту) трактора, кН;

$\varphi_{кр.н}$ – коефіцієнт використання ваги трактора при номінальному тяговому зусиллі (рис. 3), що обмежується максимально допустимим рівнем буксування ($\delta_{\max}$).

Проф. В.Т. Надикто встановлено, що для запобігання руйнування структури ґрунту у весняний період польових робіт максимально допустиме буксування ($\delta_{\max}$) колісних рушіїв тракторів тягових класів 5, 3 і 1,4 повинно бути 15%, 12% і 9% відповідно. У осінньо-літній період значини $\delta_{\max}$ можуть бути більшими і відповідно становити 20%, 16% і 13%.

За вказаною величиною максимально допустимого рівня буксування ($\delta_{\max}$) за рис. 3 обирається коефіцієнт використання ваги трактора $\varphi_{кр.н}$ і за формулою (7) розраховується номінальне тягове зусилля $P_{кн}$.

Отримане значення номінального тягового зусилля $P_{кн}$ (кН) визначає діапазон шкали значень $P_{кр}$, який розміщується праворуч від точки О (рис. 2).

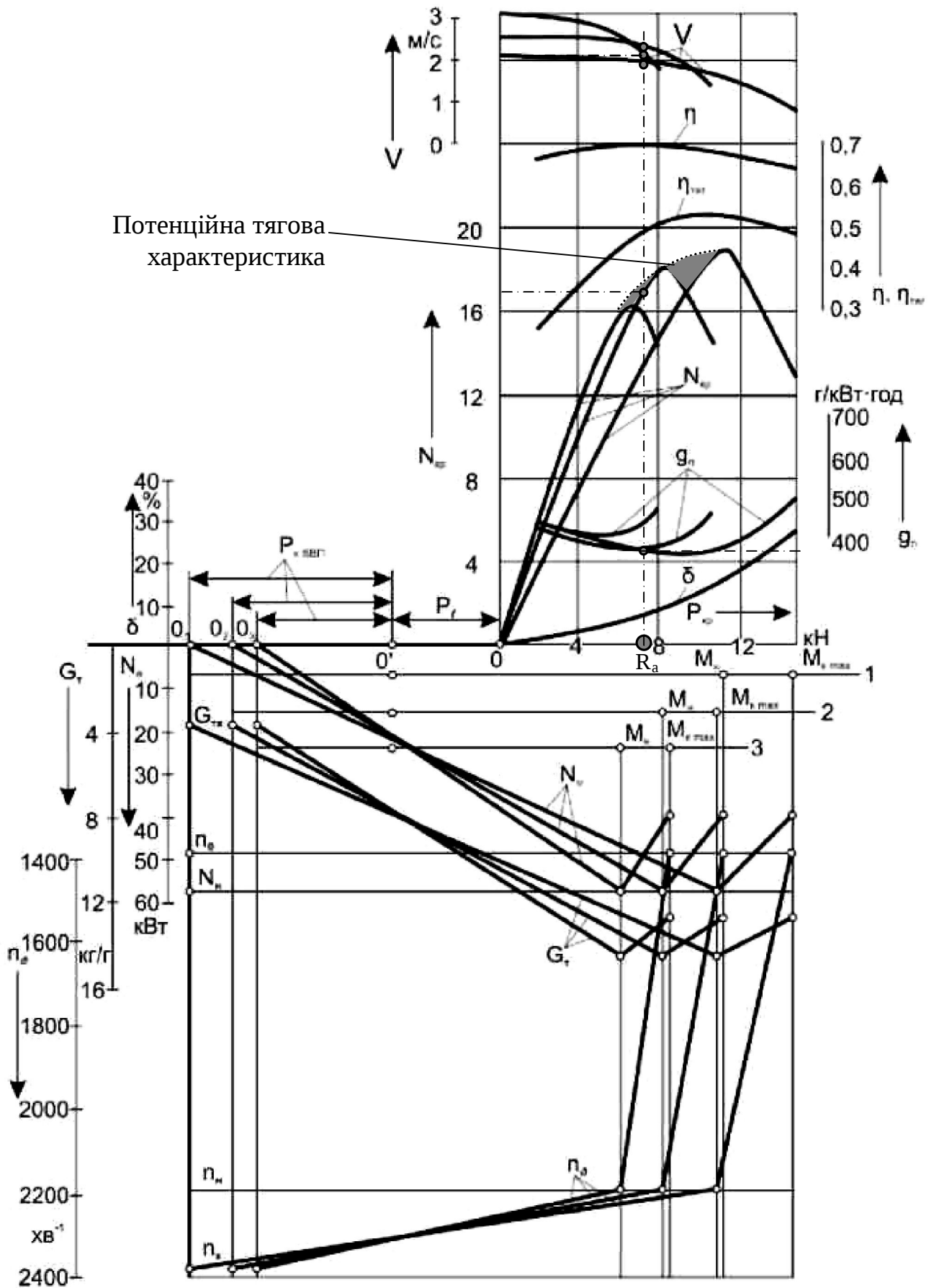


Рисунок 2 - Теоретична тягова характеристика трактора МТЗ для умов роботи з відбором потужності через ВВП

Розрахунок решти залежностей теоретичної тягової характеристики.

1) Побудова кривої залежності буксування $\delta = f(P_{кр})$.

Буксування рушіїв трактора залежить в основному від ґрунтового фону, типу і параметрів рушія, ваги трактора. Тому найбільш зручною формою представлення функціональної залежності буксування є залежність від коефіцієнта використання ваги трактора $\delta = f(\phi_{кр})$. Вказані залежності представлені на рис.3 для гусеничних і колісних тракторів з колісною формулою 2К4 та 4К4.

На кожному з рисунків (рис. 3) декілька графіків, що відображають залежність буксування трактора з даним типом рушіїв від ґрунтового фону. Ці графіки отримані на підставі обробки результатів тягових випробувань тракторів з різними ходовими системами, виконаних у великій кількості на різних ґрунтових фонах.

Тому необхідно вибрати графік відповідно типу ходової системи і ґрунтового фону і перебудувати його в залежності $\delta = f(P_{кр})$, використовуючи вираз $P_{кр} = \phi_{кр} \cdot G_{тр}$. При цьому вага трактора $G_{тр}$ є по суті масштабним коефіцієнтом для перекладу залежності $\delta = f(\phi_{кр})$ в залежність $\delta = f(P_{кр})$.

Проектуючи точки перетинання допоміжних вертикалей з кривою буксування кривими нижнього квадранта на відповідні шкали, визначаємо вихідні дані для розрахунку тягової характеристики. На кожній передачі обчислюють ряд точок для побудови кожної функціональної залежності тягової характеристики $N_{кр}, g_{п}, V_{тр}, \eta_{тр} = f(P_{кр})$. Спочатку ці точки вибирають на регуляторній характеристиці двигуна (нижній квадрант). Крапки вибирають довільно, але відстань між ними повинна бути нерівномірною. Частота їх розташування повинна наростати у міру збільшення навантаження, щоб точніше відобразити нелінійну частину залежностей тягової характеристики, відповідних коректорній гілці регуляторної характеристики і нелінійній ділянці залежності $\delta = f(P_{кр})$.

2) Побудова сімейства кривих швидкості руху трактора $V_{три}$ (м/с) на обраних передачах:

$$V_{три} = \frac{0,105 \cdot r_k \cdot n_d \cdot (1 - \delta)}{i_{тр}}, \quad (8)$$

n_d і δ - відповідно частота обертання вала двигуна (хв.⁻¹) і величина буксування рушіїв в сотих частках.

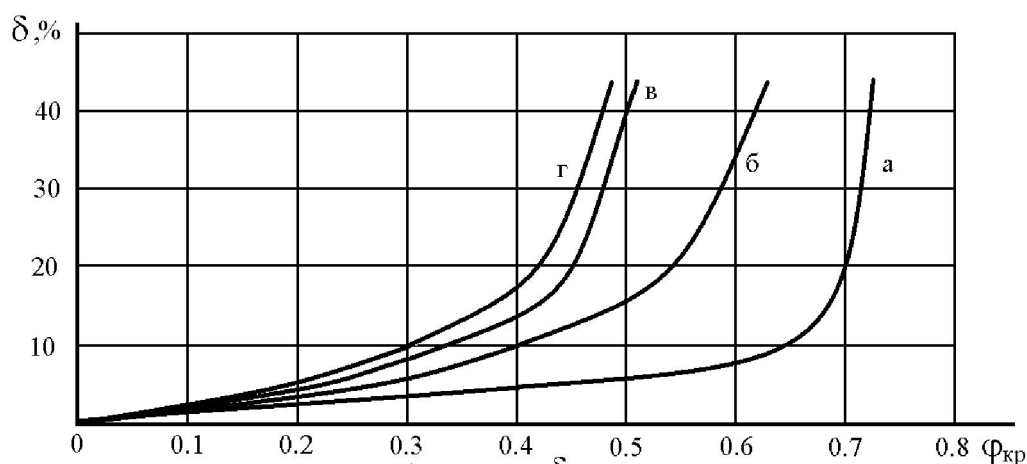


Рисунок 3.1 - Залежність буксування δ від коефіцієнту використання ваги трактора $\phi_{кр}$ для тракторів 4К2: а – асфальт, бетон; б – щільний ґрунт; в – стерня; г – поле, підготовлене під

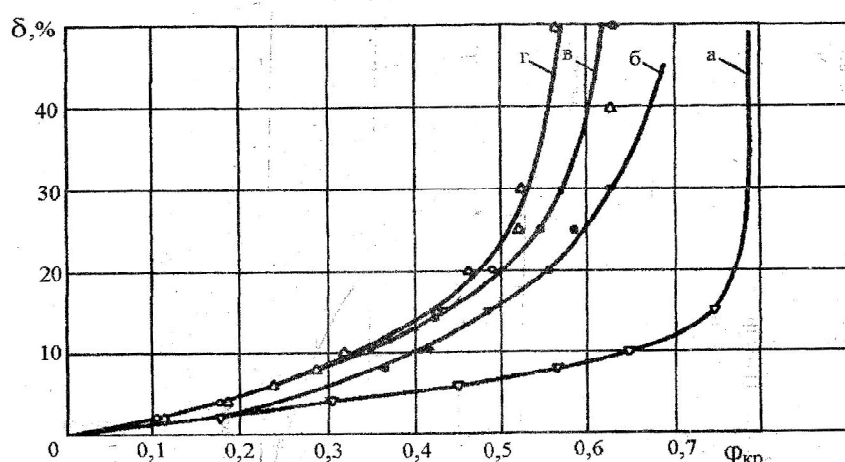


Рисунок 3.2 - Залежність буксування δ від коефіцієнту використання ваги трактора $\phi_{кр}$ для тракторів 4К4: а – асфальт, бетон; б – щільний ґрунт; в – стерня; г – поле, підготовлене під посів

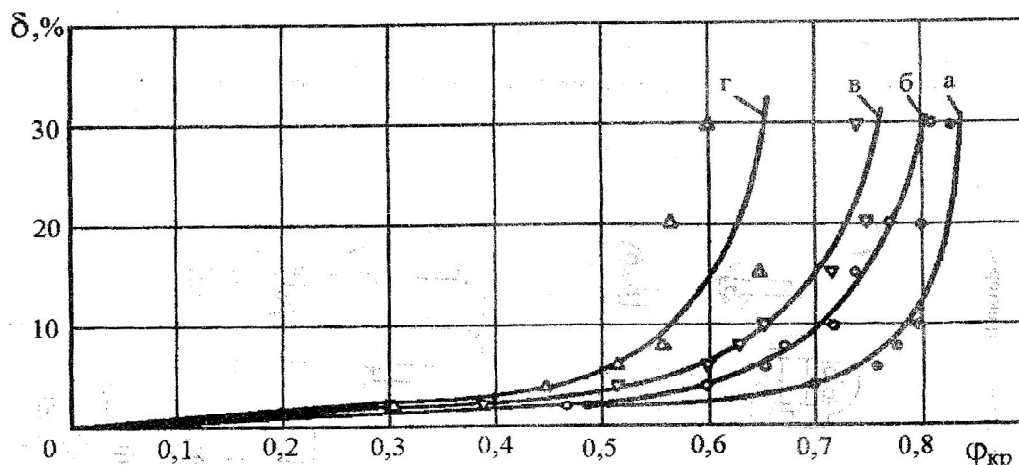


Рисунок 3.3 - Залежність буксування δ від коефіцієнту використання ваги трактора $\phi_{кр}$ для гусеничних тракторів: а – переліг; б – стерня; в – пар; г – поле, підготовлене під посів

3) Побудова сімейства кривих потужності $N_{\text{крі}}$ (кВт) на гаку на обраних передачах:

$$N_{\text{крі}} = P_{\text{кр}} \cdot V_{\text{трі}}. \quad (9)$$

4) Побудова сімейства кривих питомої витрати палива $g_{\text{пі}}$ (г/кВт·год), що витрачається на привід с.-г. машини на обраних передачах:

$$g_{\text{пі}} = \frac{10^3 G_{\text{т}}}{N_{\text{крі}} + N_{\text{ВВП}}}. \quad (10)$$

5) Побудова загального коефіцієнта корисної дії η трактора:

$$\eta = \frac{N_{\text{крі}} + N_{\text{ВВП}}}{N_{\text{е}}}. \quad (11)$$

Побудова тягового коефіцієнта корисної дії $\eta_{\text{тяг}}$ трактора:

$$\eta_{\text{тяг}} = \frac{N_{\text{крі}}}{N_{\text{е}} - N_{\text{ВВП}}}. \quad (12)$$

Відзначимо, що значення ККД визначаються тільки для першої основної передачі.

Після отримання значень точок відповідних параметрів для всіх обраних передач, приступають до побудови кривих верхнього квадранта ТТХ (рис. 2). На наведених раніше допоміжних вертикалях в прийнятому масштабі відкладаються значення відповідних показників - з 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 $P_{\text{кр}}$, при найбільшому буксуванні. Криві можуть закінчуватися також на вертикалі, проведеної через точку $M_{\text{кmax}}$ 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 викладеною раніше методикою.

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

Аналіз тягової характеристики.

На завершення виконується аналіз тягової характеристики. При аналізі порівнюються взаємопов'язані криві показників нижнього і верхнього квадрантів для однойменних передач. Таким шляхом встановлюється вплив режимів роботи двигуна і, зокрема, коректора паливного насоса, на показники тягової роботи трактора.

З аналізу технічних характеристик сільськогосподарських тракторів з'ясовано, що існує межа збільшення потужності двигуна, реалізованої в тягову потужність трактора. При створенні нових моделей або модернізації тракторів у кожному тяговому класі збільшується потужність двигуна, що обґрунтовано необхідністю підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів. Але при підвищенні енергонасиченості трактора повинне зберігатися оптимальне тягове зусилля, що відповідає піку тягового ККД трактора на ТТХ. Інакше цей процес збільшення енергонасиченості супроводжується погіршенням паливної економічності. Таким чином, ефективність використання енергонасичених тракторів полягає в розумному відборі надлишкової, невикористовуваної для створення тягового зусилля, потужності двигуна на привод активних робочих органів.

Якщо прийняти масштаб, при якому відрізок, що відповідає $\eta_{\text{тяг}}=100\%$ дорівнює відрізку, що відповідає номінальній $N_{\text{кр}}$ потужності двигуна на шкалі $N_{\text{кр}}$, то графік $\eta_{\text{тяг}}$ буде також зображувати потенційну тягову характеристику. А розумна мінімізація затемнених ділянок (рис. 2) характеризує досконалість тягових властивостей трактора і ступінь наближення проекрованої ступінчатої трансмісії до ідеальної безступінчастої трансмісії. Наблизити тягову характеристику трактора із ступінчатою трансмісією до ідеальної можна збільшенням числа основних передач або використанням двигуна постійної потужності.

При аналізі тягової характеристики, варто розрізняти завантаження трактора за тяговим зусиллям і тяговою потужністю. Для експлуатації дуже важливе співвідношення між цими двома видами завантаження трактора, тому що воно визначає основні

експлуатаційні показники МТА. Найкращим є варіант, коли завантаження за тяговим зусиллям і за потужністю близько до номінального. У цій зоні трактор розвиває максимальну тягову потужність $N_{кр}$ і працює з найменшою витратою палива g_p . При роботі трактора в такому режимі МТА буде розвивати максимальну (або близьку до неї) продуктивність при мінімальній погектарній витраті палива. Такі показники є визначальними для одержання високого економічного ефекту від використання 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.

Позначте на тяговій характеристиці зону найбільш ефективної роботи трактора за потенційною тяговою характеристикою.

Протягом року трактор ефективніше використати з такими машинами і знаряддями, тяговий опір яких відповідає зоні максимального тягового ККД за потенційною тяговою характеристикою. Якщо ж за умовами експлуатації необхідно працювати із завантаженням за тяговим зусиллям нижче номінального, то варіюючи передаточним числом трансмісії, варто створити двигуну завантаження, близьке до номінального за крутним моментом.

Знайдіть передачу, на якій варто працювати при завантаженні трактора за тяговим зусиллям, рівним 20...40% і 60...80% від номінального тягового зусилля. Приведіть у записці аналіз показників роботи трактора і двигуна на цих режимах, а також обґрунтування правильності зробленого вибору передачі.

Якщо виділити ліву і праву частини тягової характеристики як потенційної, так і характеристики на кожній передачі, то межею цих частин є точка максимального ККД для потенційної характеристики і максимальне значення тягової потужності для характеристики на кожній передачі.

Ліва частина потенційної тягової характеристики відповідає транспортним роботам і малоенергоємним технологічним операціям, які характеризуються низькими значеннями тягового опору і

виконуються на більш високих швидкостях. У зоні максимального тягового ККД за потенційною тяговою характеристикою трактора використовують на операціях, які вимагають високих тягових зусиль. Максимальний тяговий ККД перебуває поблизу значення $P_{кр\text{ ном}}$, при якому настає інтенсивне буксування рушіїв і зниження показників роботи МТА. Тому права частина потенційної тягової характеристики має обмежений діапазон використання в порівнянні з лівою частиною.

Позначте на графіку тяговій характеристиці границі тягового діапазону трактора.

Далі слід проаналізувати криві загального і тягового ККД: встановити причини зниження ККД 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 ККД знижується в міру збільшення сили тяги на гаку.

Технологічні властивості трактора залежать від максимального тягового ККД не тільки стосовно тягового зусилля, але і до швидкості трактора. Якщо $\eta_{т.мах}$ буде відповідати номінальній швидкості і не буде виходити за межі робочих швидкостей, на яких виконується найбільша кількість сільськогосподарських операцій, то експлуатаційна витрата палива буде менша в порівнянні з тим трактором, у якого $\eta_{т.мах}$ буде зміщено щодо оптимального розміщення.

Розміщення максимального тягового ККД стосовно оптимальної швидкості визначається енергонасиченістю трактора. Чим вище енергонасиченість, тим більше буде зміщений убік високих швидкостей максимальний тяговий ККД трактора.

Нанесіть на характеристиці значення $\eta_{тр.мах}$ і проведіть аналіз цього значення. При необхідності змініте основні параметри трактора і його енергонасиченість таким чином, щоб тяговий ККД трактора відповідав оптимальному швидкісному діапазону.

Аналізуючи криві g_n і V у зонах тягових зусиль праворуч точок $N_{КРмах}$ на основних передачах, одержують дані про паливну економічність трактора і відповідність технологічним вимогам.

3.3 Вибір режиму роботи тягово-приводного агрегату

Розраховується тяговий опір тягово-приводної с.-г. машини:

$$R_a = k_{с.-г.} \cdot B_p,$$

де $k_{с.-г.}$ – питомий тяговий опір тягово-приводної с.-г. машини, кН/м (табл.2).

Таблиця 2 – Питомий опір $k_{с.-г.}$ кормозбиральник комбайнів в залежності від робочої швидкості і урожайності кормової культури

Робоча швидкість, км/год	Значення $k_{с.-г.}$ (кН/м) при урожайності кормової культури, т/га				
	20	30	40	50	60
4,3	1,65	1,9	2,15	2,39	2,65
5,3	2,18	2,62	3,08	3,52	4,0
6,2	2,38	2,96	3,46	3,96	4,46
7,2	2,82	3,45	4,0	4,7	5,6
8,2	3,26	3,94	4,46	5,44	6,74
9,2	3,7	4,43	4,92	6,18	7,88

Отриману величину тягового опору R_a відкладають на шкалі $P_{кр}$ побудованої теоретичної тягової характеристики (рис. 2). Від цієї точки проводять вертикальну лінію до її перетинання сімейства кривих швидкостей руху трактора $V_{трі}$.

Далі конкретизують (за агровимогами) перелік можливих передач для виконання заданої технологічної операції. Подальшому розгляду підлягають такі передачі, за якими дійсна (фактична) швидкість руху тягово-приводного агрегату якомога наближена до максимально допустимої швидкості $V_{рпз}$.

Із декількох можливих робочих передач остаточний вибір здійснюється за аналізом значень тягової потужності $N_{кр}$, які відповідають тяговому опору R_a . Критерієм вибору передачі є раціональний максимум за $N_{кр}$.

4 ФОРМА ЗВІТУ ДО РОБОТИ

Після виконання роботи, студент складає звіт, зміст якого включає:

- 1) Номер, найменування та мета роботи.
- 2) Методику розрахунку теоретичної тягової характеристики трактора тягово-енергетичної концепції при відборі потужності через ВВП.

- 3) Побудовану теоретичну тягову характеристику трактора.
- 4) Обґрунтовані режими роботи тягово-приводного МТА.
- 6) Висновки (аналіз теоретичної тягової характеристики трактора).

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1) Методика побудови тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП.
- 2) Тяговий баланс енергонасиченого трактора тягово-енергетичної концепції.
- 3) Як розрахувати тягове зусилля трактора при його роботі з відбором потужності через ВВП?
- 4) Баланс потужності трактора тягово-енергетичної концепції з відбором потужності через ВВП. Визначення його складових.
- 5) Аналіз теоретичної тягової характеристики трактора тягово-енергетичної концепції з відбором потужності через ВВП.

ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ НА ЕОМ

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. До роботи із ЕОМ допускаються особи у віці не молодші 18 років, що пройшли інструктаж з охорони праці, не мають протипоказань за станом здоров'я.

1.2. Користувачі ЕОМ повинні дотримувати правил внутрішнього трудового розпорядку, установлені режими праці й відпочинку.

1.3. Користувачі ЕОМ зобов'язані дотримуватись правил пожежної безпеки, знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння.

1.4. Про кожний нещасний випадок із працівником потерпілий або очевидець нещасних випадків зобов'язаний негайно повідомити ректора або проректора. При несправності устаткування припинити роботу й повідомити адміністрацію.

1.5. У процесі роботи користувачі ЕОМ повинні дотримувати правил використання засобів індивідуального й колективного захисту, дотримувати правил особистої гігієни, утримувати в чистоті робоче місце.

1.6. Особи, що допустили невиконання або порушення інструкції з охорони праці, притягуються до дисциплінарної

відповідальності відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку.

2. Вимоги безпеки під час роботи

2.1. При роботі із ЕОМ значення візуальних параметрів повинні знаходитися в межах оптимального діапазону.

2.2. Клавіатуру розташовувати на поверхні стола на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача.

2.3. При працюючому відеотерміналі відстань від очей до екрана повинна бути 0,6 - 0,7 м, рівень очей повинен припадати на центр екрана або на 2/3 його висоти.

2.4. Зображення на екранах відеомоніторів повинне бути стабільним, яким і гранично чітким, не мати мерехтінь символів і фону, на екранах не повинно бути відблисків і відбиття світильників, вікон і навколишніх предметів.

2.5. Тривалість безперервної роботи із ЕОМ без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2-х годин. Щогодини при роботі слід робити регламентовану перерву тривалістю 15 хв.

3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

3.1. У випадку появи несправності в роботі відеотерміналу вимкнути його, сповістити про це адміністрацію. Роботу продовжувати тільки після усунення виниклої несправності.

3.2. У випадку виникнення у користувача зорового дискомфорту й інших несприятливих суб'єктивних відчуттів варто обмежити час роботи із ЕОМ, провести корекцію тривалості перерв для відпочинку або провести зміну діяльності на іншу, не пов'язану з використанням ЕОМ.

3.3. При ураженні користувача електричним струмом негайно вимкнути електромережу, надати першу допомогу потерпілому, при необхідності відправити його в найближчу лікувальну установу.